



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 316 339**

51 Int. Cl.:
G02B 6/036 (2006.01)
G02B 6/02 (2006.01)
H04J 14/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **00400328 .1**
96 Fecha de presentación : **07.02.2000**
97 Número de publicación de la solicitud: **1030200**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.08.2000**

54 Título: **Fibra óptica con gran superficie efectiva y con fuerte dispersión cromática.**

30 Prioridad: **18.02.1999 FR 99 02029**

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: **Draka Comteq B.V.**
De Boelelaan 7
1083 HJ Amsterdam, NL

72 Inventor/es: **De Montmorillon, Louis-Anne y**
Nouchi, Pascale

74 Agente: **Arpe Fernández, Manuel**

ES 2 316 339 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).

ES 2 316 339 T3

DESCRIPCIÓN

Fibra óptica con gran superficie efectiva y con fuerte dispersión cromática.

5 La presente invención se refiere al ámbito de las transmisiones por fibra óptica.

La solicitud de patente europea 1154294 se refiere a una fibra óptica que tiene una estructura que reduce las pérdidas de transmisión y las pérdidas por flexión, en cuya región de revestimiento cuenta con una estructura que incluye un revestimiento interno situado en la periferia de la región del núcleo y cuyo índice de refracción medio es inferior al de la región del núcleo, y un revestimiento exterior situado en la periferia del revestimiento interior y cuyo índice de refracción medio es inferior al de la región del núcleo pero superior al del revestimiento interno.

10 La solicitud de patente europea 1096279 se refiere a una fibra óptica adecuada como línea óptica de transmisión para sistemas de transmisión con multiplexión por división de longitud de onda (WDM). Como se describe en la séptima realización, el área efectiva a una longitud de onda de 1550 nm es de $122 \mu\text{m}^2$ y el valor de dispersión cromática a una longitud de onda de 1550 nm es de $22,1 \text{ ps/nm/km}$.

15 La solicitud de patente europea 0779524 se refiere a una fibra óptica de guía de onda monomodo con una gran superficie efectiva, es decir superior a unos $110 \mu\text{m}^2$ a 1550 nm. El comportamiento en microflexión de estas fibras ópticas es inferior al de las fibras ópticas monomodo estándar.

20 En el caso de las fibras ópticas, el perfil de índice se define generalmente en función del aspecto del gráfico de la función que asocia el índice de refracción al radio de la fibra. Normalmente, se representa en el eje de abscisas la distancia r al centro de la fibra, y en el de las ordenadas la diferencia entre el índice de refracción y el índice de refracción del revestimiento de la fibra. De este modo, se habla de perfiles de índice en “escalón”, en “trapecio”, o en “triángulo” para los gráficos que presentan respectivamente formas de escalón, trapecio o triángulo. En general, estas curvas representan el perfil teórico o de configuración de la fibra, pero las limitaciones de fabricación de la fibra pueden dar lugar a un perfil sensiblemente diferente.

25 En las nuevas redes de transmisión de alta capacidad y con multiplexión en longitud de onda, resulta ventajoso gestionar la dispersión cromática, especialmente para unas tasas de transferencia por canal iguales o superiores a 10 Gbit/s; el objetivo consiste en obtener en la conexión, para todos los valores de longitud de onda del multiplex, una compensación cromática acumulada sensiblemente nula, a fin de limitar la amplificación de impulsos. Un valor acumulado de unos centenares de ps/nm para la dispersión es aceptable. También resulta interesante evitar para las longitudes de onda utilizadas en el sistema los valores nulos de la dispersión cromática, en los cuales son más importantes los efectos no lineales. Finalmente, también es interesante limitar la pendiente de dispersión cromática a lo largo del multiplex a fin de evitar o limitar las distorsiones entre los canales del multiplex.

30 Normalmente se utilizan como fibra de línea para los sistemas de transmisión de fibra óptica fibras con salto de índice. La solicitante comercializa bajo la referencia ASMF 200 una fibra monomodo con salto de índice que presenta una longitud de onda λ_0 de anulación de la dispersión cromática comprendida entre 1300 y 1320 nm, y una dispersión cromática de $3,5 \text{ ps/(nm.km)}$ en un rango de 1285-1330 nm, y de 17 ps/(nm.km) a 1550 nm. La pendiente de dispersión cromática a 1550 nm es del orden de $0,56 \text{ ps/(nm}^2.\text{km)}$. Esta fibra presenta además una superficie efectiva del orden de $80 \mu\text{m}^2$.

35 También han aparecido en el mercado fibras de dispersión desplazada o DSF (acrónimo del inglés “Dispersion shifted fibers”). En estas fibras a la longitud de onda de transmisión a la cual se utilizan, que por lo general es diferente de la longitud de onda de $1,3 \mu\text{m}$, y para la cual la dispersión del sílice es sensiblemente nula, la dispersión cromática es sensiblemente nula; es decir, que la dispersión cromática del sílice, no nula, se compensa - de ahí el uso del término desplazada - mediante un aumento del desfase del índice Δn entre el núcleo de la fibra y el revestimiento óptico. Este desfase de índice permite desplazar la longitud de onda para la cual la dispersión cromática es nula; se obtiene mediante la introducción de estimulantes en la preforma, al fabricar esta, por ejemplo mediante un proceso de MCVD (Deposición de Vapor Químico Modificado) en sí conocido, y que no se describe detalladamente en el presente documento.

40 Se denominan NZ-DSF (acrónimo del inglés “non-zero dispersion shifted fibers [fibra con dispersión desplazada no nula]”) las fibras de dispersión desfasada que presentan una dispersión cromática no nula para las longitudes de onda a las cuales se utilizan. Estas fibras presentan para estas longitudes de onda una reducida dispersión cromática, normalmente inferior a 6 ps/(nm.km) a 1550 nm.

45 Un ejemplo de este tipo de fibras se ofrece en la solicitud de patente francesa presentada por la solicitante el 05.10.98 bajo el número 98 12431 con el título “fibra óptica monomodo de dispersión desfasada con una gran superficie efectiva” (referencia interna F^o 101783) y que describe una fibra que presenta una gran superficie efectiva normalmente superior a $100 \mu\text{m}^2$. La dispersión cromática de la fibra en dicha solicitud a 1550 nm está cercana a 8 ps/(nm.km) .

50 Es perfectamente conocido que los efectos no lineales son mucho menos importantes a medida que aumenta la superficie efectiva de la fibra. De este modo, M. Kato *et al.*, “A new design for dispersion shifted fiber with an

ES 2 316 339 T3

effective core area larger than $100 \mu\text{m}^2$ and good bending characteristics” ThK1, OFC’98 Technical Digest, explica que los efectos no lineales en las fibras podrían convertirse en las principales limitaciones desde el punto de vista de la capacidad y de la distancia de transmisión para los sistemas de transmisión amplificadas de alta capacidad y a larga distancia. Este documento precisa que una posible solución consiste en aumentar la superficie efectiva de las fibras, lo que permite obtener una potencia superior y un mayor intervalo entre repetidores. Este documento propone una fibra que presenta un perfil coaxial, rodeada por un pedestal, con una superficie efectiva de $146 \mu\text{m}^2$ y una longitud de onda λ_0 , para la cual la dispersión cromática a 1500 nm se anula. La dispersión cromática a 1550 nm es muy reducida y la pendiente de dispersión a esta longitud de onda es de $0,09 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$.

El documento US-A-5675690 propone una fibra óptica monomodo cuyo núcleo presenta una porción central con un índice inferior al del revestimiento, un anillo con un índice superior al del revestimiento, y un anillo compuesto que presenta una parte de índice inferior al del revestimiento y una parte de índice superior al del revestimiento. En este documento, el área efectiva es del orden de $85 \mu\text{m}^2$ y la dispersión cromática se anula para una longitud de onda del orden de 1550 nm. Se trata de una fibra DSF en el sentido de la definición ofrecida anteriormente.

El artículo “Maximum effective area for non-zero dispersion-shifted fiber” P. NOUCHI, OFC ’98 Technical Digest, Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, San José (CA), 22-27 febrero 1998 (XP 000961588); páginas 303 y 304, propone una fibra óptica que presenta, a una longitud de onda de 1550 nm, una superficie efectiva igual o superior a $100 \mu\text{m}^2$ y una dispersión cromática de $+4 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$. Esta fibra presenta un perfil de índice coaxial con un anillo.

La invención propone una fibra óptica que presenta simultáneamente una gran área efectiva y al mismo tiempo un valor de dispersión cromática que sea similar al de las fibras con salto de índice conocidas. La invención proporciona también una fibra que transmite las señales con una gran potencia y con unos efectos no lineales limitados.

Más concretamente, la invención propone una fibra óptica que para una longitud de onda de 1550 nm, presenta:

- una superficie efectiva superior o igual a $100 \mu\text{m}^2$;

- una dispersión cromática igual o superior a $14 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ e inferior o igual a $21 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$;

- una sensibilidad a las microflexiones inferior o igual a 1, evaluándose la sensibilidad a las microflexiones con relación a la fibra ASMF 200, y que presenta un perfil de índice similar al definido en las reivindicaciones 1, 2 o 3.

La fibra puede presentar, para una longitud de onda de 1550 nm, una pendiente de dispersión cromática con un valor absoluto inferior o igual a $0,07 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$.

En un modo de realización, para una longitud de onda de 1550 nm la fibra presenta unas pérdidas por flexión inferiores o iguales a $0,05 \text{ dB}$ y, preferiblemente, inferiores a $5 \cdot 10^{-4} \text{ dB}$.

La invención propone igualmente un sistema de transmisión de fibra óptica con multiplexión en longitudes de onda que incluye como fibra de línea una fibra de este tipo. Este sistema incluye ventajosamente la fibra de compensación de dispersión.

Se observarán otras características y ventajas de la invención mediante la lectura de la siguiente descripción de los modos de realización de la invención que se facilitan a título de ejemplo haciendo referencia a las figuras adjuntas que muestran:

- las figuras 1 a 7 representaciones esquemáticas de perfiles de índice de una fibra según los diferentes modos de realización de la invención;

- la figura 8 un gráfico de la dispersión cromática en función de la longitud de onda para los diferentes modos de realización de la invención;

- la figura 9 un gráfico de la pendiente de dispersión cromática en función de la longitud de onda para los diferentes modos de realización de la invención.

La invención propone una fibra cuya superficie efectiva es superior o igual a $100 \mu\text{m}^2$ y que también presenta una dispersión cromática a 1550 nm igual o superior a $14 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ e inferior o igual a $21 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$.

La invención permite conservar las ventajas técnicas aportadas por la utilización de la fibra con salto de índice conocida y, especialmente, la reducción de los efectos no lineales causados por el elevado valor de la dispersión cromática normalmente superior a $14 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$.

Por otra parte conlleva la ventaja de un aumento neto de la superficie efectiva con respecto a la fibra con salto de índice conocida. De este modo, la invención facilita una fibra que transmite las señales a una potencia elevada y en la que los efectos no lineales son limitados.

ES 2 316 339 T3

Por tanto, las características de la fibra de la invención son las siguientes:

- superficie efectiva superior o igual a $100 \mu\text{m}^2$ y preferiblemente a $105 \mu\text{m}^2$;

5 - dispersión cromática superior o igual a $14 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ e inferior o igual a $21 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$;

- sensibilidad a las microflexiones a 1550 nm inferior o igual a 1; la sensibilidad a las microflexiones se evalúa en relación con la fibra ASMF 200;

10 - y preferiblemente una pendiente de dispersión cromática a 1550 nm cuyo valor absoluto sea inferior a $0,07 \text{ ps}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$ y preferiblemente cercano a $0,06 \text{ ps}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$;

- pérdidas por flexión a 1550 nm inferiores o iguales a $0,05 \text{ dB}$ o preferiblemente $5\cdot 10^{-4} \text{ dB}$.

15 De una forma en sí conocida, las pérdidas por flexión se calculan midiendo las pérdidas inducidas en una fibra por el enrollamiento de 100 vueltas de la fibra en torno a un tambor con un radio de 30 mm . La sensibilidad a las microflexiones se calcula de forma relativa con respecto a la fibra comercializada por la solicitante bajo la referencia ASMF 200; pueden utilizarse los métodos de medida de la sensibilidad a las microflexiones conocidos en sí.

20 A continuación se facilita una descripción haciendo referencia a las figuras de los ejemplos de perfiles de fibra que permiten obtener estos valores. Las figuras 1, 4 y 6 constituyen ejemplos de fibras con un perfil coaxial con anillo. Las figuras 2, 3 y 5 son ejemplos de fibras con un perfil coaxial, rodeado por una porción enterrada. La figura 7 es un ejemplo de fibra con un perfil rectangular con anillo, o incluso un perfil con salto de índice con anillo.

25 Las figuras 1, 4 y 6 muestran respectivamente una representación esquemática del perfil de índice de diferentes fibras de acuerdo con un primer modo de realización de la invención; en este modo de realización, el perfil de índice es un perfil de índice de tipo coaxial con anillo, que presenta, a partir del centro de la fibra:

30 - una porción central con un índice sensiblemente constante;

- una primera porción anular con un índice superior al índice del revestimiento y superior al índice de la porción central,

35 constituyendo el conjunto una fibra con un perfil denominado "coaxial".

En torno a la primera porción anular, la fibra presenta una porción enterrada cuyo índice es inferior o sensiblemente igual al del revestimiento y posteriormente una segunda porción anular cuyo índice es superior al del revestimiento, formando un anillo en torno al perfil coaxial.

40 Los valores de índices y de radios en los distintos ejemplos de las figuras 1, 4 y 6 se ofrecen en la tabla siguiente. Los radios se facilitan en micrometros y los índices han de multiplicarse por 10^{-3} . Los radios r_1 , r_2 , r_3 y r_4 son los radios exteriores respectivos de la porción central, de la primera porción anular, de la porción enterrada y de la segunda porción anular. Los índices Δn_1 a Δn_4 son las diferencias respectivas del índice de la porción central, de la primera porción anular, de la porción enterrada y de la segunda porción anular con respecto al índice del revestimiento de la fibra.

50 Radios

	r_1	r_2	r_3	r_4
55 Figura 1	2,1	6,1	9,7	10,2
Figura 4	1,9	6,4	9,6	10,7
60 Figura 6	1,6	5,4	7,5	8,3

65

ES 2 316 339 T3

Índices ($\cdot 10^{-3}$)

5		Δn_1	Δn_2	Δn_3	Δn_4
	Figura 1	-2,4	6,0	-3,0	3,0
	Figura 4	-1,1	5,4	-3,8	2,7
10	Figura 6	-1,2	5,9	-4,1	3,2

15 Estos diversos modos de realización de perfil coaxial más anillo permiten obtener fibras de acuerdo con la invención, cuyas características se facilitan en la siguiente tabla, en las líneas correspondientes:

20	λ_{cth} (nm)	λ_0 (nm)	$dC/d\lambda$ ps/(nm ² .km)	C ps/(nm.km)	W_{02} (μ m)	S_{eff} (μ m ²)	PC (dB)	$S_{\mu c}$
	1710	1323	0,065	17,4	5,2	131	$1,4 \cdot 10^{-4}$	1
	1690	1299	0,063	19,4	5,4	131	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,95
25	1540	1314	0,060	17,3	5,1	104	$8,1 \cdot 10^{-4}$	1

30 En la tabla, λ_{cth} es la longitud de onda de corte teórica de la fibra. En la práctica, la longitud de onda de corte de la fibra en el cable presenta un valor inferior a este valor teórico de 200 a 400 nm. Por tanto se comprueba que los ejemplos de fibras de la invención siempre son monomodos en cables, dentro del rango de la longitud de onda útil, por ejemplo entre 1530 y 1630 nm. λ_0 es el valor de la longitud de onda de anulación de la dispersión cromática. $dC/d\lambda$ es la pendiente de dispersión cromática medida a 1550 nm, en ps/(nm².km). C es la dispersión cromática medida a 1550 nm en ps/(nm.km). W_{02} es el radio de modo, S_{eff} la superficie efectiva, PC las pérdidas por flexión, y $S_{\mu c}$ la sensibilidad a las microflexiones, todas ellas consideradas a 1550 nm. Se observa que las fibras de las figuras 1, 4 y 6 presentan las características de propagación de la invención.

40 Es posible introducir variaciones en torno a unos valores prefijados de los radios y de los índices facilitados en las tablas anteriores y que se representan en las figuras 1,4 y 6 conservando las características de propagación de la invención. En términos generales, son posibles variaciones de los radios de $\pm 10\%$ con respecto a los valores prefijados. Pueden darse variaciones de los índices de $\pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ en torno al valor prefijado.

45 Las figuras 2, 3 y 5 muestran representaciones esquemáticas del perfil de índice de fibra según un segundo modo de realización de la invención; el perfil de estas figuras es un perfil coaxial, rodeado por una porción enterrada. Así pues, la fibra presenta, a partir del centro:

- una porción central, de índice sensiblemente constante;
- 50 - una porción anular de índice superior al índice de revestimiento y superior al índice de la porción central;
- una porción enterrada de índice inferior al del revestimiento.

55 El índice de la porción central puede ser positivo, como en el ejemplo de la figura 3; también puede ser negativo como en los ejemplos de las figuras 2 y 5.

60 Los valores de índice y de radio en los diferentes ejemplos de las figuras 2, 3 y 5 se ofrecen en la tabla siguiente. Los radios se indican en micrometros y los índices deben multiplicarse por 10^{-3} . Los radios r_1 , r_2 y r_3 son los radios exteriores respectivos de la porción central, de la porción enterrada y de la porción anular. Los índices Δn_1 a Δn_3 son las diferencias respectivas del índice de la porción central, de la porción anular y de la porción enterrada con el índice de revestimiento de la fibra.

65

ES 2 316 339 T3

	r1	r2	r3	$\Delta n1$	$\Delta n2$	$\Delta n3$
Figura 2	2,3	5,9	9,6	-0,9	6,2	-1,9
Figura 3	2,3	6,2	10,1	0,6	5,6	-2,0
Figura 5	1,9	5,1	8,3	-0,6	6,4	-1,3

Al igual que en el caso de las figuras 1, 4 y 6, son posibles variaciones en torno a estos valores prefijados. Se considera adecuada una tolerancia de $\pm 10\%$ sobre los valores de los radios, y de $\pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ sobre los valores de los índices.

Estos diferentes modos de realización de perfil coaxial más anillo permiten obtener fibras de acuerdo con la invención, cuyas características se ofrecen en la siguiente tabla en las correspondientes líneas:

λ_{cth} (nm)	λ_0 (nm)	$dC/d\lambda$ ps/(nm ² ·km)	C ps/(nm·km)	W02 (μm)	S_{eff} (μm^2)	PC (dB)	$S_{\mu c}$
1700	1326	0,065	17,4	5,3	130	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0,99
1700	1303	0,064	19,4	5,6	133	$1,0 \cdot 10^{-4}$	0,95
1550	1322	0,064	17,4	5,1	107	$3,8 \cdot 10^{-4}$	0.96

Nuevamente se comprueba que las fibras de las figuras 2, 3 y 5 se ajustan a las características de propagación preferidas.

La figura 7 muestra un ejemplo de perfil de índice de acuerdo con un tercer modo de realización de la invención. El perfil de índice de la figura 7 es un perfil rectangular con anillo, también denominado perfil con salto de índice con anillo. A partir del centro, la fibra presenta:

- una porción central con un índice superior al índice del revestimiento;
- una porción enterrada con un índice inferior al del revestimiento;
- una porción anular con un índice superior al índice del revestimiento.

Los radios exteriores r1 a r3 de estas partes son los siguientes:

- r1 = 5,0 μm ;
- r2 = 6,2 μm ;
- r3 = 8,2 μm .

Las diferencias entre los índices de las distintas partes y el índice del revestimiento de la fibra son las siguientes:

- $\Delta n1 = 4,9 \cdot 10^{-3}$;
- $\Delta n2 = -2,9 \cdot 10^{-3}$
- $\Delta n3 = 3,2 \cdot 10^{-3}$

Una vez más, se pueden obtener las características de propagación de la invención en unos rangos situados en torno a estos valores predeterminados. Al igual que en los demás modos de realización, son aceptables unas variaciones de $\pm 10\%$ en torno a los valores predeterminados de los radios y de $\pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ con respecto a los valores de índice.

ES 2 316 339 T3

REIVINDICACIONES

1. Fibra óptica que presenta un perfil de índice coaxial con un anillo que presenta a partir del centro de la fibra:

5 - una porción central con un índice sensiblemente constante;

10 - una primera porción anular con un índice superior al índice del revestimiento y superior al índice de la porción central y en torno a la primera porción anular una porción enterrada con un índice inferior o sensiblemente igual al del revestimiento, y una segunda porción anular con un índice superior al del revestimiento, **caracterizada** porque para una longitud de onda de 1550 nm, presenta:

- una superficie efectiva igual o superior a $100 \mu\text{m}^2$;

15 - una dispersión cromática superior o igual a $14 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ e inferior o igual a $21 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$; y

- una sensibilidad a las microflexiones inferior o igual a 1, evaluándose la sensibilidad a las microflexiones respecto a la fibra ASMF 200.

20 2. Fibra óptica que presenta un perfil de índice coaxial rodeado por una porción enterrada que presenta a partir del centro de la fibra:

- una porción central con índice sensiblemente constante;

25 - una porción anular con un índice superior al índice del revestimiento y superior al índice de la porción central;

- una porción enterrada con índice inferior al del revestimiento, **caracterizada** porque para una longitud de onda de 1550 nm, presenta:

30 - una superficie efectiva igual o superior a $100 \mu\text{m}^2$;

- una dispersión cromática superior o igual a $14 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ e inferior o igual a $21 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$; y

35 - una sensibilidad a las microflexiones inferior o igual a 1, evaluándose la sensibilidad a las microflexiones respecto a la fibra ASMF 200.

3. Fibra óptica que presenta un perfil de índice con salto de índice con un anillo que presenta a partir del centro de la fibra:

40 - una porción central con un índice superior al índice del revestimiento;

- una porción enterrada con un índice inferior al del revestimiento,

45 - una porción anular con índice superior al índice del revestimiento, **caracterizada** porque para una longitud de onda de 1550 nm, presenta:

- una superficie efectiva igual o superior a $100 \mu\text{m}^2$;

- una dispersión cromática superior o igual a $14 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ e inferior o igual a $21 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$; y

50 - una sensibilidad a las microflexiones inferior o igual a 1, evaluándose la sensibilidad a las microflexiones respecto a la fibra ASMF 200.

4. Fibra de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque para una longitud de onda de 1550 nm presenta una pendiente de dispersión cromática inferior o igual en valor absoluto a $0,07 \text{ ps}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$.

5. Fibra de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** porque para una longitud de onda de 1550 nm, presenta pérdidas por flexión inferiores o iguales a 0,05 dB y, preferiblemente, inferiores a $5 \cdot 10^{-4}$ dB.

60 6. Fibra de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque su superficie efectiva a 1550 nm es superior o igual a $105 \mu\text{m}^2$.

7. Sistema de transmisión por fibra óptica con multiplexión en longitud de onda, que incluye como fibra de línea la fibra de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6.

65 8. Sistema de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque también incluye la fibra de compensación de dispersión.

FIG_2

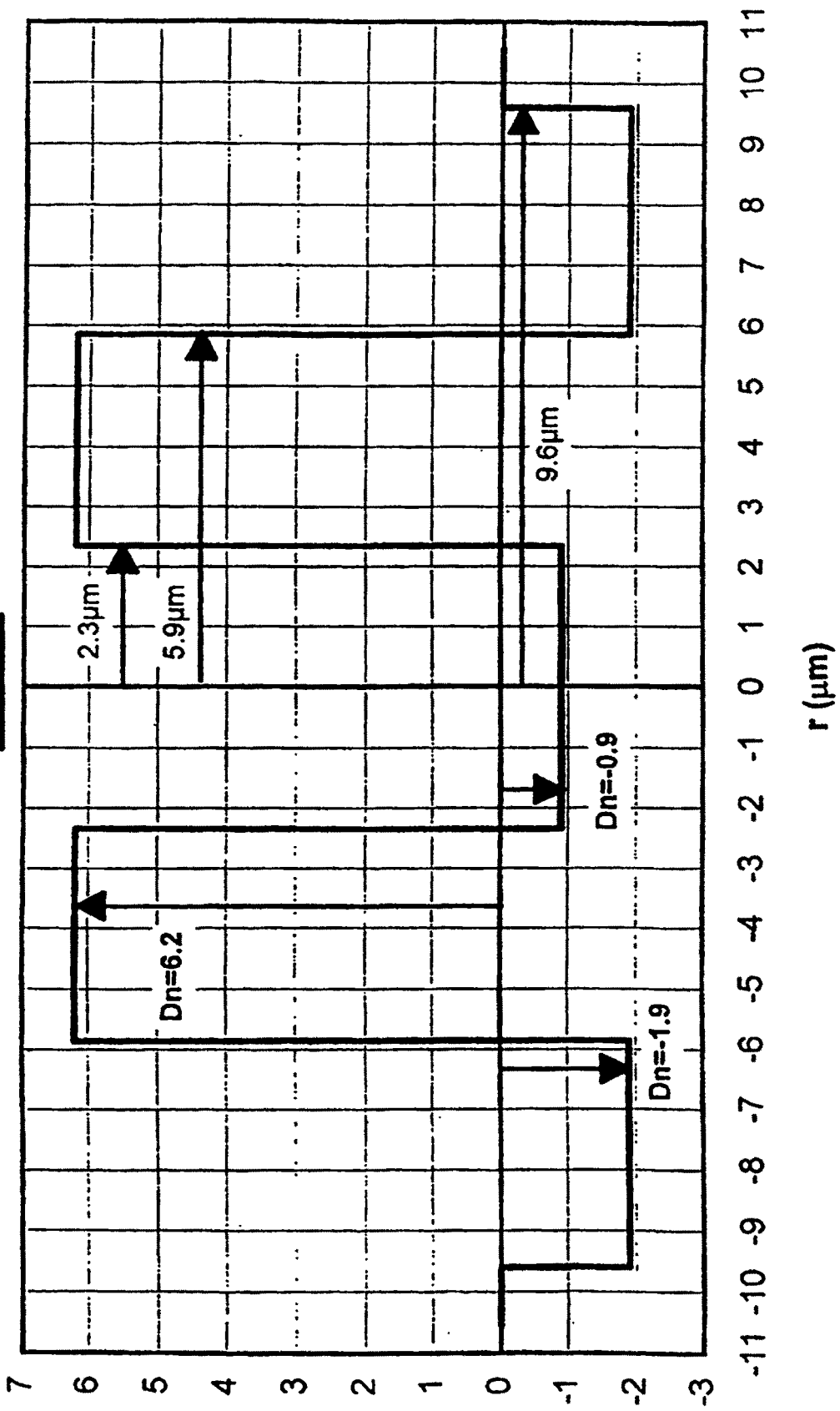
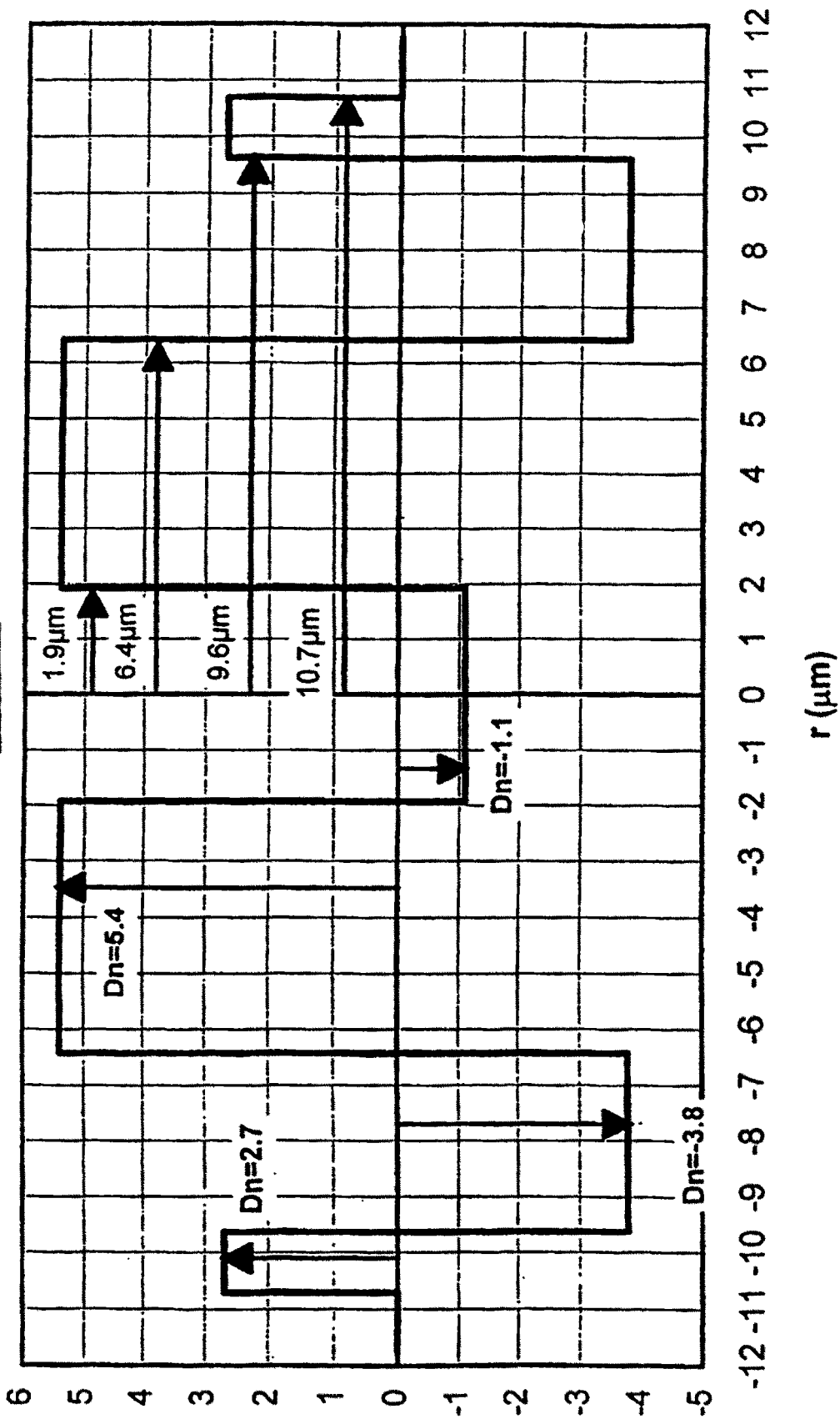
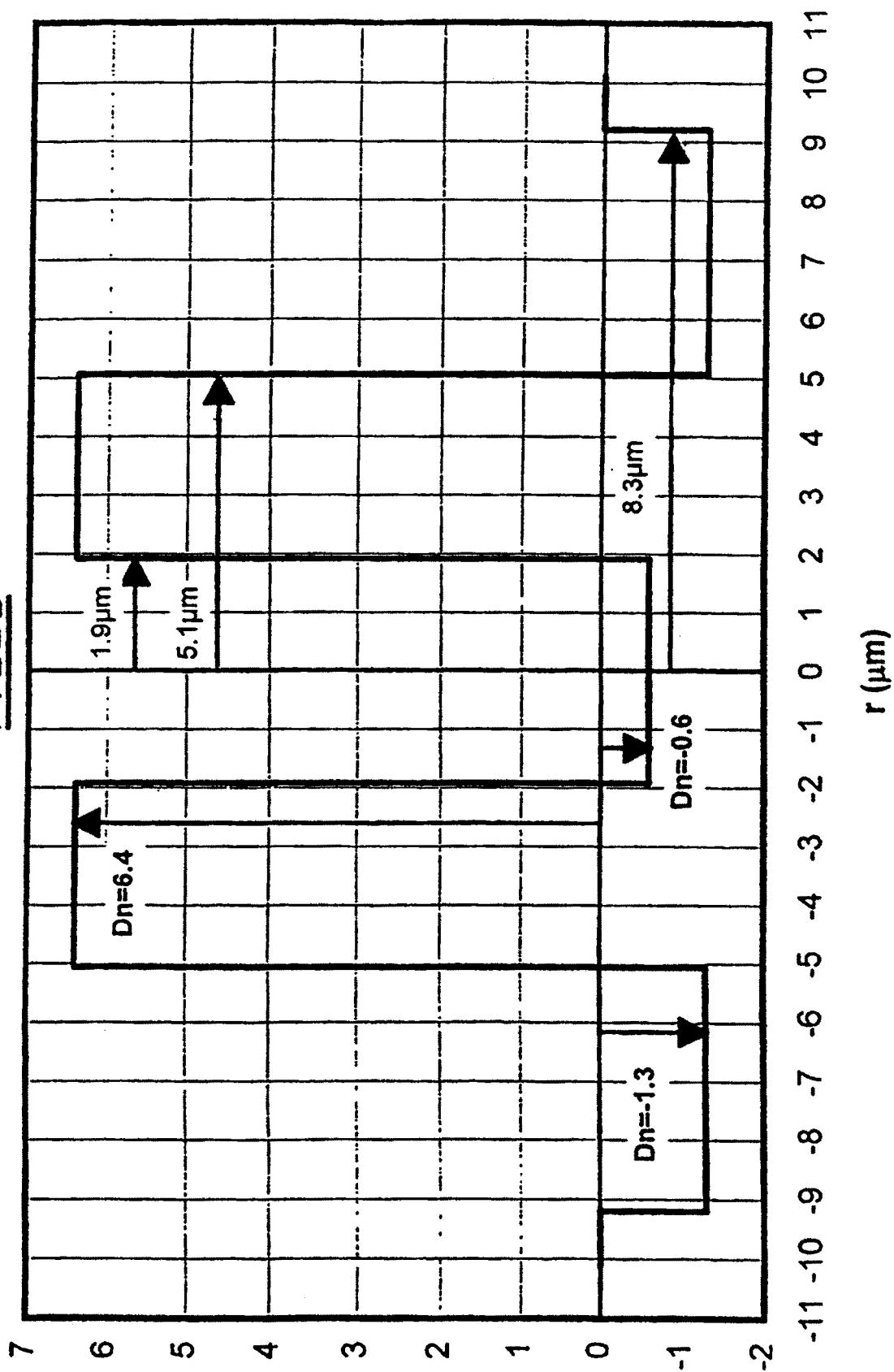


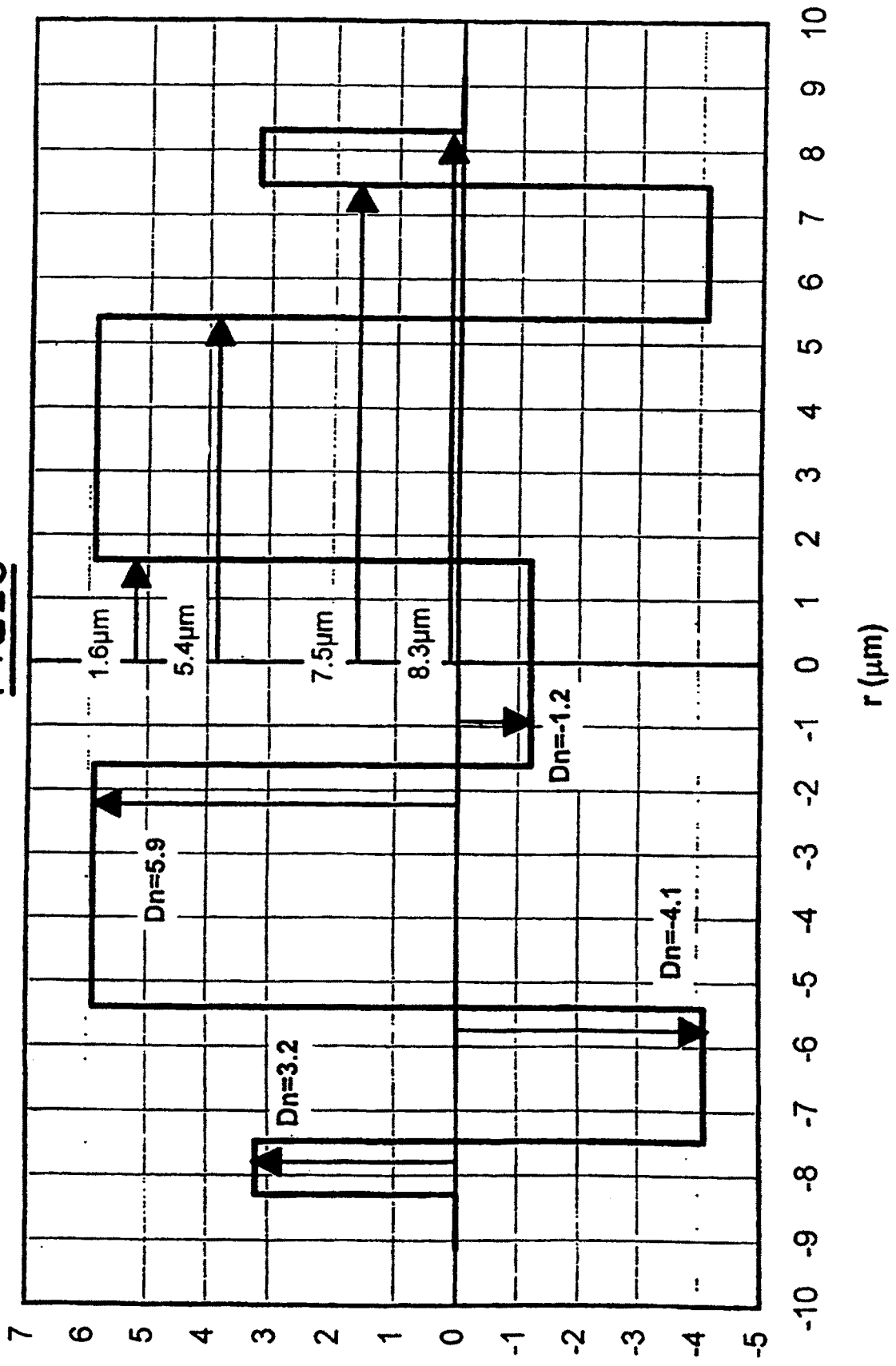
FIG-4

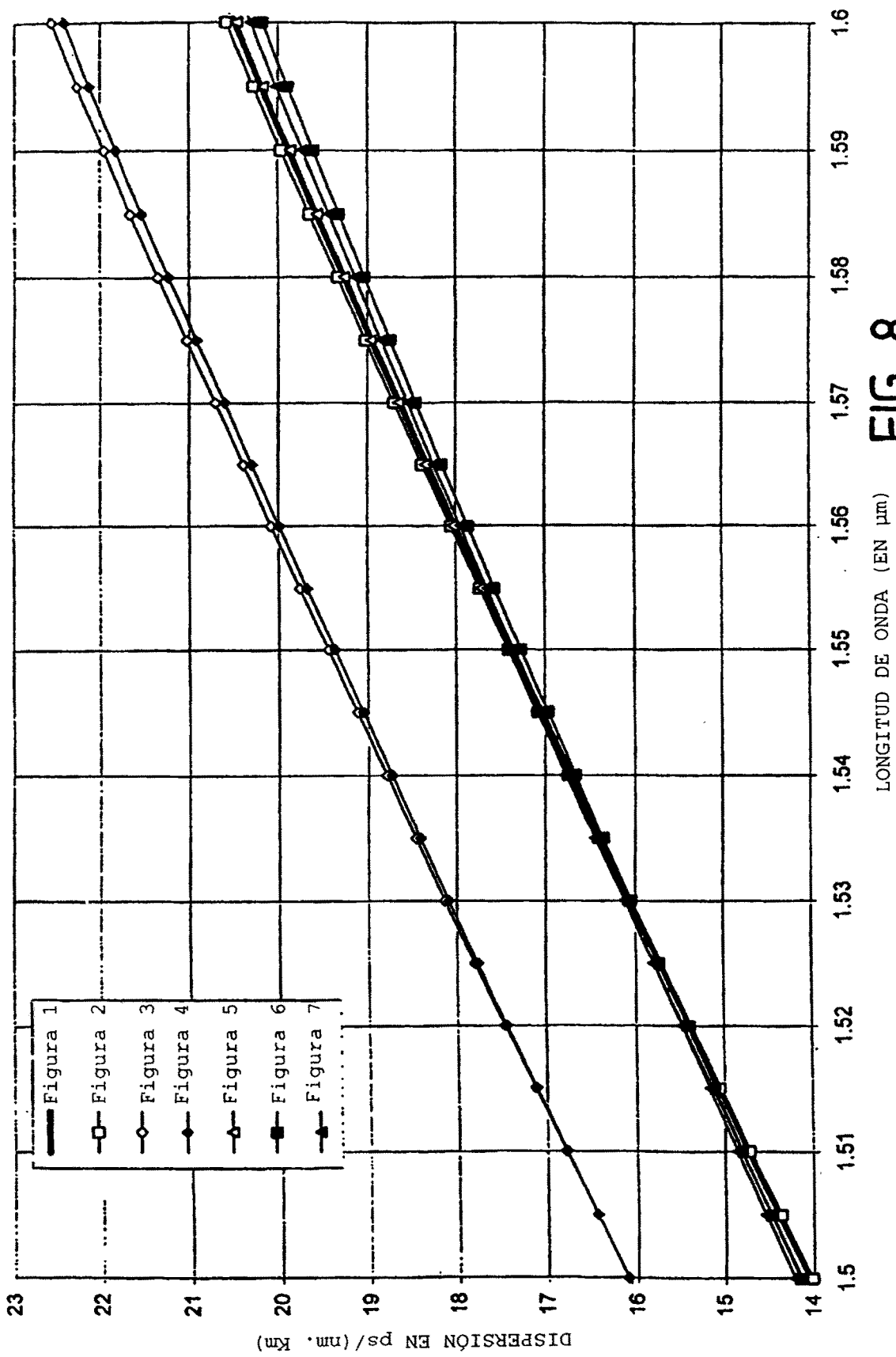


FIG_5



FIG_6





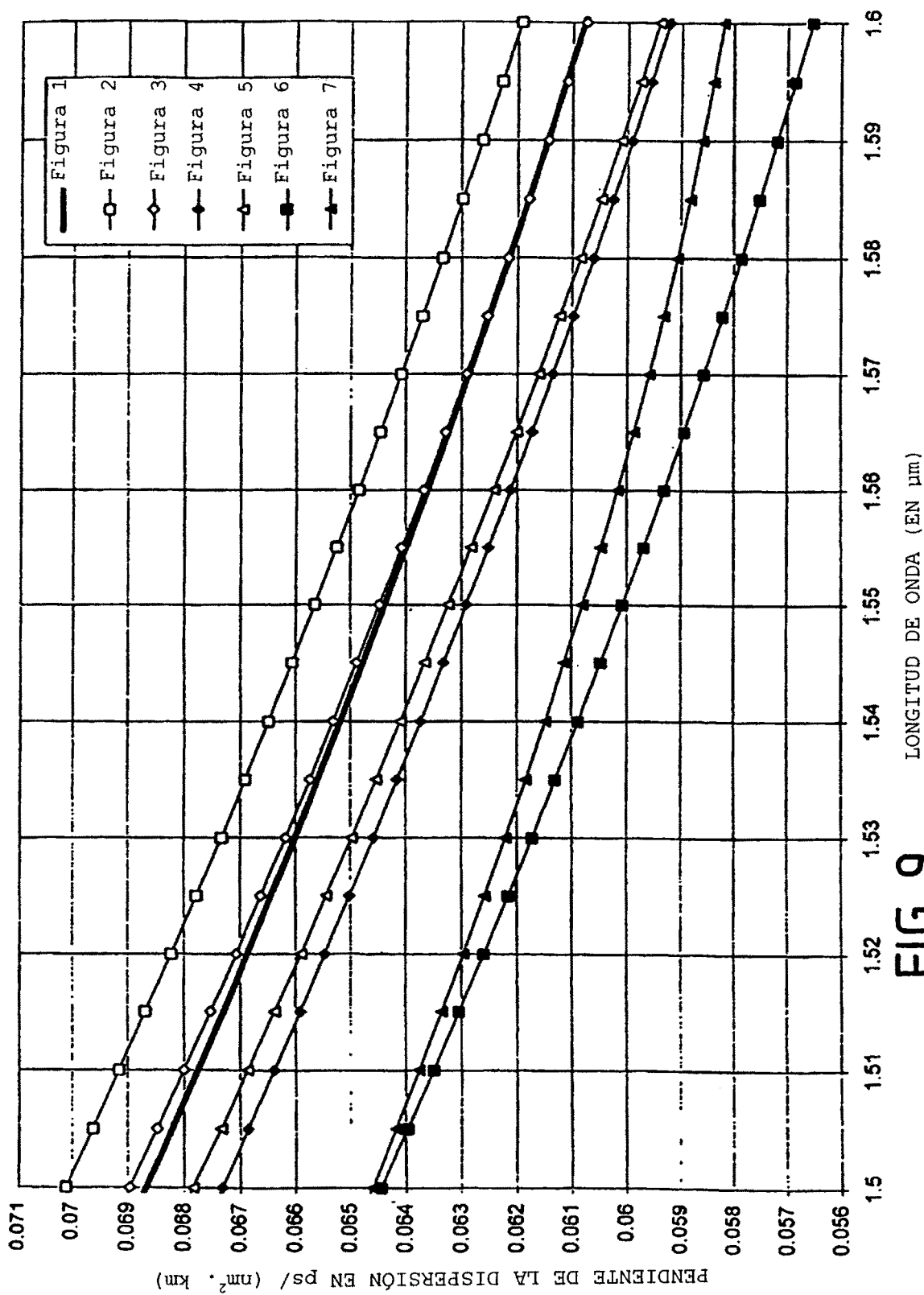


FIG-9