

# Comparativa experimental de la influencia de la temperatura en fibras amplificadoras dopadas y codopadas.

Fco. Javier Madruga, M<sup>a</sup> Angeles Quintela, Roberto García, José Luis Arce J. Miguel López Higuera  
Grupo de Ingeniería Fotónica. Universidad de Cantabria  
Avd de los Castros S/N, 39005 Santander  
Telf.(942) 201539 Fax (942) 201873  
Correo electrónico: madruga@teisa.unican.es

## Abstract:

The absorption characteristics for different temperatures in Erbium-doped and lanthanum-Erbium co-doped fibers are reported. Fibers with different concentration of Erbium and Lanthanum have been studied. Interesting results for applications of compensation in sensor systems have been obtained

## 1. Introducción

Tras reconocer, en 1985, la potencialidad de las fibras dopadas con tierras raras, se inició un esfuerzo investigador para aprovechar las características que presentaban estas fibras en el diseño de nuevos dispositivos.

Los primeros en nacer fueron láseres y amplificadores de fibra dopada con tierras raras. De estas el Erblio pasó a ser la más estudiada y utilizada.

Deficiencias observadas en las fibras dopadas con Erblio llevaron al estudio de los efectos que los elementos que acompañaban al Erblio y SiO como codopantes en función de su concentración presentaban en la fibra.

Con el aluminio se intentaba conseguir ecualizar la ganancia en todo el valor de la banda de posible uso 1520-1580 nm

Así, el Erblio se codopa con Yterbio para obtener una mayor absorción a 980nm y con ello conseguir mejoras de eficiencia de cara a la fabricación de láser DFB en fibra.

Por otro lado se ha intentado codopar con Lantano para evitar el "clustering" en fibras con una alta concentración de Erblio y, aprovechando el mayor valor del índice de refracción del Lantano aumentar la apertura numérica de la fibra codopada con respecto a la no codopada. [3]

Todos estos intentos de mejorar han dado lugar a una gran variedad de fibras dopadas o codopadas que ocasiones logran alcanzar el fin de su fabricación, pero con un coste en otras características de la fibra.

La dependencia que los dispositivos basados en fibras dopadas presentan con respecto a la temperatura ha sido uno de los temas mas arduamente investigado con la vista puesta en dos caminos muy diferentes: por un lado, reducir esta dependencia en los amplificadores ópticos que formarán parte de enlaces de fibra de miles de kilómetros, y por otro la viabilidad de estas fibras para su utilización como transductores o como parte de transductores de temperatura.

En esta presentación se presentan los estudios realizados para establecer una comparativa entre fibra dopadas con muy alta concentración de Erblio, con y sin lantano, con respecto a fibras medianamente dopadas usadas habitualmente en amplificadores ópticos. [1,2]

## 2. Notas teóricas básicas

El estudio de la transmisión de la luz en fibras dopadas con Erblio se centra en las transiciones que se producen entre los niveles  $^4I_{13/2}$  (estado meta estable) y  $^4I_{15/2}$  (estado de reposo). Reduciéndose el comportamiento a un sistema de dos niveles, si el valor de la longitud de onda de la potencia óptica de bombeo usado lo permite.

Pero el efecto térmico hace que los iones de Erblio presente en el medio cristalino descomponen su estado metaestable y de tierra en un número aproximado de 7 u 8 estados respectivamente como se muestra en la figura 1 tanto para los casos de absorción como de emisión.

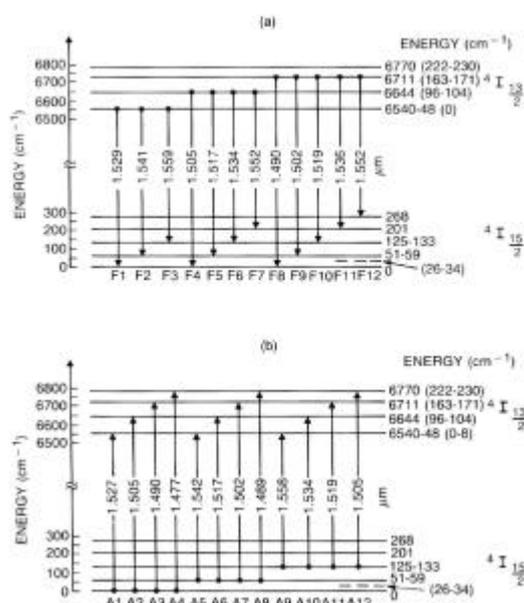


Fig. 1 Niveles de Stark para emisión (a) y absorción (b)

Esta estructuración de los niveles es típica de las fibras dopadas con Erblio, pero también se puede asumir como típica de las fibras codopadas con Lantano, ya que este elemento de la tabla periódica no presenta electrones en la capa 4f, lo que lo convierte en una tierra rara pasiva desde el punto de vista óptico.

### 3. Trabajo experimental

El trabajo experimental llevado a cabo ha tenido como meta final, el poder obtener la dependencia con la temperatura de parámetros típicos de cualquier modelo de fibra dopada con Erblio: espectro de absorción y por extensión secciones transversales de absorción y emisión, tiempo de vida del estado metaestable. Para ello se han llevado a cabo dos tipos de experimentos.

El primero usando una fuente de luz blanca, un analizador de espectros ópticos HP71451A e introduciendo la fibra en el interior de una cámara climática Hygros 15C, nos permite obtener el espectro de absorción en función de la temperatura, mientras el segundo esta basado en el método de la potencia de saturación intrínseca descrito en [3].

Se han utilizado fibras de distintas concentraciones tanto en Erblio como en lantano, la tabla I describe las principales, así como la longitud de onda de corte de la misma medida según el método 312 de la norma estándar de medidas en fibra. De los resultados obtenidos es importante resaltar como principal la inmunidad a la temperatura que presenta el espectro de absorción de la fibra codopada a medida que la relación de entre la concentración de lantano y de Erblio aumenta. Este hecho de difícil explicación teórica se refleja también en la menor variación espectral de fibras fuertemente

dopadas con respecto a otras medianamente dopadas ya reportadas[5]. La representación de los resultados obtenidos se pueden observar en la figura 2.

### 4. Conclusiones

Se ha medido de forma experimental la influencia de la temperatura en fibras dopadas con Erblio y lantano y se ha observado la no-dependencia del espectro de absorción de ellas con la temperatura

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto TIC98-0397-C03-02 financiado por la CICYT, a la que los autores muestran su agradecimiento.

#### Referencias

- [1] Bjarklev, Anders "Optical fiber amplifiers: Design and system applications". Ed. Artech House (1993).
- [2] Dersuvire, E., "Erbium doped fiber Amplifiers: principles and applications", Ed. John Wiley and Sons, inc (1994).
- [3] Nakazawa, M., Kimura, Y. "Lanthanum codoped Erbium fibre amplifier", *IEE Electronics Letters*, **16**, 4, 258-260 (1991).
- [4] Mazzali, C., Fragnito, H.L., Palange, E., Dini, D.C. "Fast method for obtaining erbium-doped fibre intrinsic parameters" *IEE Electronics Letters*, **32**, 10, 921-922 (1996).
- [5] Madruga, F. J., López R., Cobo, A., Echevarria, J., López Higuera, J. M. "Determinación experimental de la influencia de la temperatura en una fibra amplificadora medianamente dopada" Actas del congreso URSI'97. V2 pg 291-294

Fibras	Concentración Er.	Ratio La/Er	Diámetro núcleo	Ate máx.	$\lambda_c$
162A05 (Rojo)	2wt%	0	4,9 $\mu\text{m}$	106 dB/m	1067 nm
162B08 (verde)	2wt%	1	4,9 $\mu\text{m}$	144 dB/m	1125 nm
163B09F (gris)	2wt%	7,5	3,4 $\mu\text{m}$	95 dB/m	1030 nm

Tabla 1 Resumen de datos técnicos sobre las fibras usadas en los experimentos

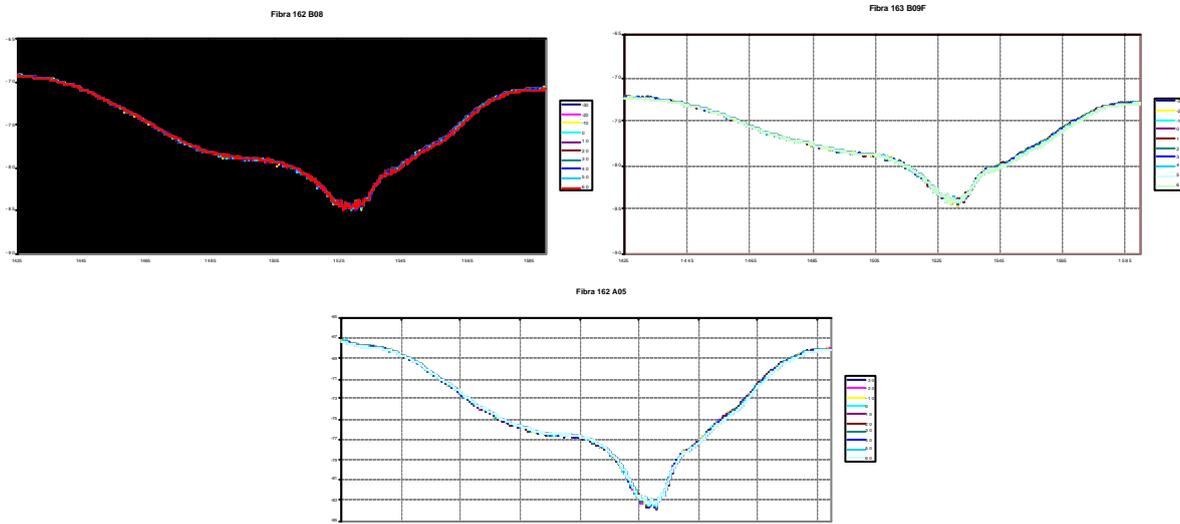


Fig. 2 Espectro de absorción medido en un rango de -30 a 60 AC para los tres tipos de fibra