

# ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD EN LASERES DFB DE FIBRA MONOFRECUENCIA CON PERFILES NO UNIFORMES

M. A. Quintela, F.J. Madruga, M. Lomer & J.M. López-Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica – Dpto. TEISA – Universidad de Cantabria

e-mail: quintela@teisa.unican.es

## ABSTRACT

The stability of fiber DFB laser for no-uniform structures has been studied using a transfer matrix approach. The resonant conditions of apodised and chirped structures for different threshold gain and apodised and chirped factor have been simulated and discussed.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los láseres DFB de fibra presentan una serie de ventajas lo que les convierte en dispositivos muy atractivos para su aplicación en sistemas de sensado activo y en aplicaciones WDM[1][2]. Sin embargo, estos láseres se encuentran en una etapa inicial de desarrollo en comparación con los láseres DFB semiconductores, y su funcionamiento puede aún mejorar. Estas mejoras incluyen un funcionamiento unidireccional para altas potencias en un extremo del láser de fibra, incremento del margen de ganancia umbral entre el modo fundamental y los modos secundarios, distribución de la intensidad uniforme a lo largo de la cavidad para reducir los efectos del ‘hole burning’[3]. Estas mejoras se pueden conseguir si se evoluciona desde una estructura uniforme a estructuras mas complejas. Esto conduce no sólo a analizar el comportamiento espacial y espectral de láseres DFB en fibra con diferentes perfiles (cambios de fase, chirpeado, apodizado), sino también la estabilidad de la condición de oscilación para estas nuevas estructuras.

El propósito de este trabajo es analizar el efecto de las características físicas de las redes de difracción en fibra óptica sobre el funcionamiento y la estabilidad de estos láseres de fibra.

## 2. ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DE OSCILACIÓN

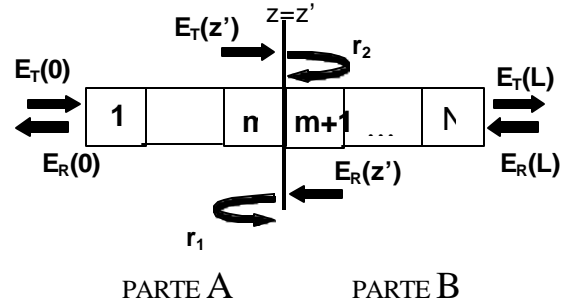
El estudio de la estabilidad de la condición de resonancia se realiza desde la relación de la amplitud y la fase entre la onda transmitida y reflejada cuando las condiciones umbrales se cumplen, de similar manera a la que se lleva a cabo en una simple cavidad de Fabry-Perot.

Dicha relación puede ser obtenida desde diferentes herramientas, pero la más popular es a través de métodos matriciales. El usado en esta comunicación está basado en la teoría de acoplo de modos, que consiste básicamente en dividir una estructura no uniforme en

segmentos periódicos, donde cada uno lleva asociado una matriz de transferencia.

De esta manera, se divide la estructura en dos partes (A y B), y se analiza como la onda  $E_T(z')$  se encuentra afectada por la parte B, y viceversa, como la onda  $E_R(z')$  es reflejada por la parte A (figura 1)

Figura 1. Esquema de la estructura compleja DFB, dividida en segmentos periódicos para analizar su estabilidad.



En la parte A:

$$\begin{bmatrix} E_T(0) \\ E_R(0) \end{bmatrix} = (T_A)^{-1} \cdot \begin{bmatrix} E_T(z') \\ E_R(z') \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$r_1 = \frac{E_T(z')}{E_R(z')} \quad (2)$$

En la parte B:

$$\begin{bmatrix} E_T(z') \\ E_R(z') \end{bmatrix} = T_B \cdot \begin{bmatrix} E_T(L) \\ E_R(L) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$r_2 = \frac{E_R(z')}{E_T(z')} \quad (4)$$

donde  $T_B$  es la matriz de transferencia de la parte B y  $E_R(L)=0$ . A partir de aquí, se considera que la condición de resonancia se alcanza en el estado estacionario, luego el módulo del producto de  $r_1$  y  $r_2$  debe ser la unidad y la fase un múltiplo de  $2\pi$ .

$$\begin{aligned} |\mathbf{r}_1 \cdot \mathbf{r}_2| &= 1 \\ \angle \mathbf{r}_1 + \angle \mathbf{r}_2 &= \mathbf{k} \cdot 2\pi \end{aligned} \quad (5)$$

donde  $\mathbf{K}=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Así, debido a la flexibilidad del proceso de fabricación de redes de difracción en fibra, se pueden aplicar perfiles complejos para

optimizar el diseño y obtener nuevas propiedades, sin embargo, es preciso analizar la estabilidad de las soluciones obtenidas mediante el procedimiento descrito

### 3. SIMULACIONES Y RESULTADOS

Partiendo de una estructura láser DFB uniforme con cambio de fase  $\pi/2$  y una variación del índice de refracción  $\Delta n = 0.5 \cdot 10^{-4}$ , longitud  $L=4$  cm,  $n_{eff} = 1.46$ , un periodo  $\Lambda = 0.5 \mu\text{m}$ , se ha modificado su perfil con factores de apodizado y chirpeado, y se ha simulado usando el método descrito brevemente en la sección 2 y detalladamente en [4]

Al introducir un perfil apodizado gaussiano en estos láseres DFB no sólo se mejora significativamente la supresión de los modos laterales, el margen de ganancia umbral entre el modo fundamental y los modos secundarios es superior a la de una estructura uniforme ( $\Delta g \cdot L = 0.66$ ) (figura 2.b), si no que se alcanza la estabilidad de la estructura ya que se cumple la condición (5) para cada factor de apodizado en una ganancia específica (figura 2.a).

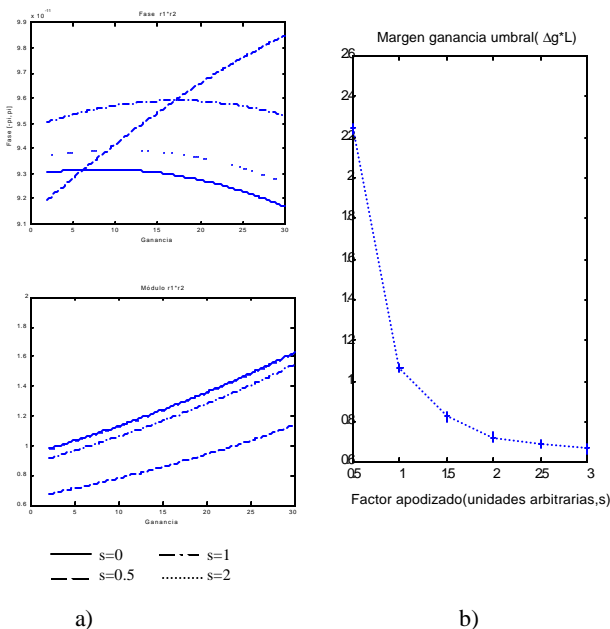


Figura 2..a). Modulo y fase de  $r_1 \cdot r_2$  en función de la ganancia para diferentes factores de apodizado. b) Margen de ganancia umbral e función de diferentes factores de apodizado

Un análisis similar se va a realizar pero introduciendo un chirpeado lineal simétrico en el láser de fibra DFB.

A partir de la figura 3.a), se analiza que la solución de esta estructura compleja también es estable, además de añadir la ventaja de que la relación de la mínima con la máxima intensidad del campo óptico es menor, reduciendo las no linealidades inducidas por el "hole burning".

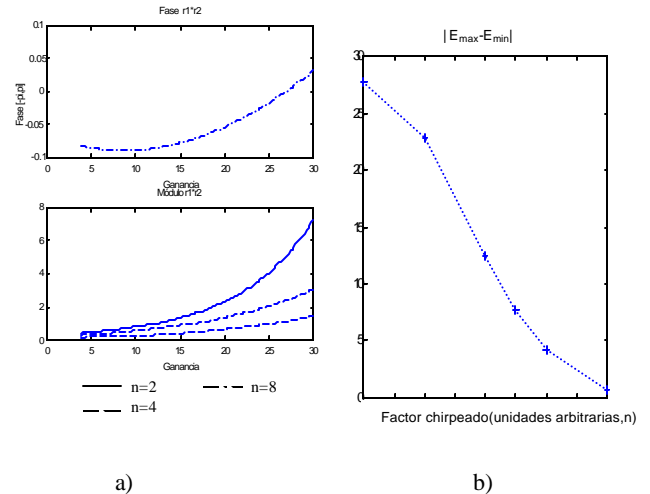


Figura 3..a). Modulo y fase de  $r_1 \cdot r_2$  en función de la ganancia para diferentes factores chirpeado. b)  $|E_{max} - E_{min}|$  para diferentes factores de apodizado

### 4. CONCLUSIONES

Con el empleo de factores de apodizado y chirpeado en láseres DFB de fibra monofrecuencia se consigue mejorar la relación S/N entre los modos y reducir las inestabilidades por el 'hole burning', y además son estructuras de gran estabilidad y selectividad por lo que se evita la competición entre los diferentes modos.

### 5. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ha podido realizar en parte gracias a los medios aportados por el proyecto CICY'98-0397-C03-02.

### 6. REFERENCIAS

- [1] "All-fibre DFB lasers as highly reliable transmitter sources for high speed WDM systems", M. Ibsen, A. Fu, H. Geiger, M.N. zervas, R. Laming. ECOC'98, vol. 3, pag. 109-111. 1998
- [2] "Polarimetric distributed feedback fiber laser sensor for simultaneous strain and temperature measurements", O. Hadeler, E. Ronnekleiv, M. Ibsen, R.I. Laming, Applied Optics, Vol. 38, No. 10, 1953-1958, 1999.
- [3] "Optimización en el comportamiento de láseres de fibra monofrecuencia". M.A. Quintela, F<sup>o</sup> Javier Madruga, José Luis Arce, Olga María Conde, J.M. López-Higuera Congreso: XIV Simposium Nacional Unión Científica Internacional de Radio..
- [4] M. Ángeles Quintela, Fco. Javier Madruga, A. Cobo, J. L. Arce, A. Quintela, J.M López Higuera. "Modelling of polarisation mode propagation in fiber optic Bragg gratings". Recent Advances in Microwave Technology Proceedings, 7<sup>th</sup> International Symposium. 1999.