

Optimización en el comportamiento de láseres de fibra monofrecuencia

M.A. Quintela, F^{co} Javier Madruga, José Luis Arce, Olga María Conde, J.M.López-Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica-Dpto. TEISA Universidad de Cantabria

TLFNO. 942201539 FAX 942201873

Correo: quintela@teisa.unican.es

Abstract:

A symmetric linear chirped fiber laser is presented. The proposed structure shows a good single mode behavior with uniform field distribution inside the cavity.

1. Introducción

Los progresos en láseres de fibra han permitido a estos ser una buena alternativa a los láseres de semiconductor en sistemas de telecomunicación. En general los láseres de fibra son totalmente compatibles con la fibra, reduciendo de este modo, y de manera considerable, las pérdidas de acoplo.

Los láseres de fibra DFB, particularmente, presentan una serie de ventajas, bajo ruido, y un anchura de línea pequeña. Por otro lado, mediante un mecanismo de compensación de temperatura la estabilidad de estos láseres de fibra puede ser mejor de 1 GHz dentro del rango de temperatura -20 a $+80$ °C como fue demostrado para redes de difracción en fibra (RDFO), mientras que la estabilización de los láseres semiconductores requiere un esfuerzo significativo.

Los láseres de fibra DFB están formados por una sola RDFO grabada en una fibra dopada con tierras raras, donde un cambio de fase es introducido dentro de la cavidad del láser para alcanzar un solo modo de oscilación. Perfiles complejos se pueden aplicar a estos láseres debido a la flexibilidad en el proceso de fabricación, permitiendo una optimización en el diseño y la obtención de nuevas propiedades. Por ejemplo la apodización en estos láseres de fibra mejora significativamente la supresión de los modos laterales, alcanzando una relación de señal a ruido mejor [1].

En este artículo, la influencia del chirpeado en los láseres de fibra DFB será analizada. La estructura propuesta asegura la oscilación de un solo modo, como ocurre en los láseres de fibra DFB, con un cambio de fase de $\pi/2$, pero la relación de la potencia óptica mínima con la potencia óptica máxima es menor, y de esta forma la degradación del comportamiento del láser de fibra debido al "hole burning" será menor.

2. Análisis y resultados

Para una estructura DFB con chirpeado, el periodo de la variación del índice es una función de la posición longitudinal z . Este periodo está definido como

$$\Lambda(z) = \Lambda_0 + \frac{x}{L} \cdot f(z) \quad (1)$$

donde Λ_0 es el periodo de referencia, ξ es el factor de chirpeado, L es la longitud de la estructura y $f(z)$ es la función de chirpeado. Diferentes perfiles de chirpeado se pueden usar, pero un chirpeado lineal simétrico se va a considerar, porque asegura la oscilación de un solo modo dentro de la cavidad a diferencia de un chirpeado lineal antisimétrico que causa dos modos de oscilación degenerados.

El perfil del índice de refracción de la RDFO usado en este artículo se muestra en la fig. 1.

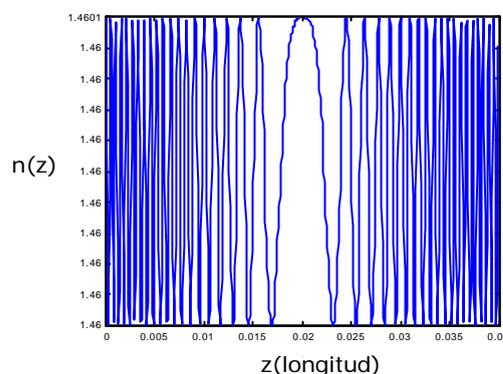


Figura 1. Perfil de la variación del índice de refracción de un láser de fibra con un chirpeado simétrico lineal.

Se ha empleado los parámetros $n_0=1.46$, $\Delta n=0.5 \cdot 10^{-4}$, $\Lambda_0=0.53$ μm , los cuales inducen la longitud de onda de Bragg (para $\xi=0$) de $\lambda_B=1.55$ μm , y una constante de acoplo de $KL=4$.

Un método matricial [2] es empleado en el modelado de esta estructura. Como primer análisis, se ha estudiado la influencia del chirpeado en la longitud de onda del modo de oscilación. En la figura 2, se muestra la relación entre el modo de oscilación y el factor de chirpeado.

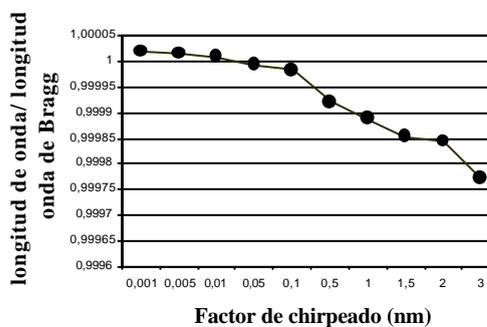


Figura 2: Longitud de onda de oscilación normalizada en función del factor de chirpeado

El chirpeado simétrico permite la oscilación de un solo modo pero la longitud de onda de

oscilación es diferente a la longitud de onda de Bragg. Como se puede ver, hay una influencia del factor de chirpeado, si el factor de chirpeado es pequeño la longitud de onda de oscilación es próxima a la longitud de onda de Bragg.

El chirpeado también afecta a la ganancia umbral y a la selectividad de los modos de oscilación. La figura 3 muestra la ganancia umbral en función del chirpeado.

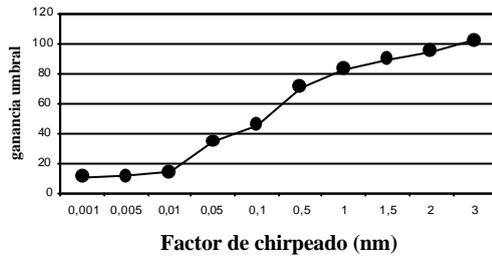


Figura 3. La ganancia umbral en función del factor de chirpeado

Hay claramente un incremento de la ganancia umbral con el chirpeado. Por otro lado, si el chirpeado es pequeño dos modos se encuentran simétricamente localizados, pero si el chirpeado es elevado, el margen de ganancia umbral entre el modo de oscilación y otros modos es pequeño. Por esta razón, existe un valor del factor del chirpeado óptimo, para el cual la selectividad de los modos es máxima. El factor de chirpeado óptimo para $n_0=1.46$, $\Delta n=0.5 \cdot 10^{-4}$ y $\Lambda_0=0.53 \mu\text{m}$ es $\xi=0.005\text{nm}$.

Estos láseres de fibra presentan una ganancia umbral mayor que los láseres de fibra DFB con un cambio de fase de $\pi/2$. En este caso simulado, con los mismos parámetros, la diferencia de la ganancia umbral obtenida es de $G=3.37 \text{ dB}$.

2.1 Efecto del chirpeado en la distribución del campo óptico

La evolución del campo óptico a lo largo de la cavidad de un láseres de fibra DFB, con un cambio de fase de $\pi/2$, presenta discontinuidades.

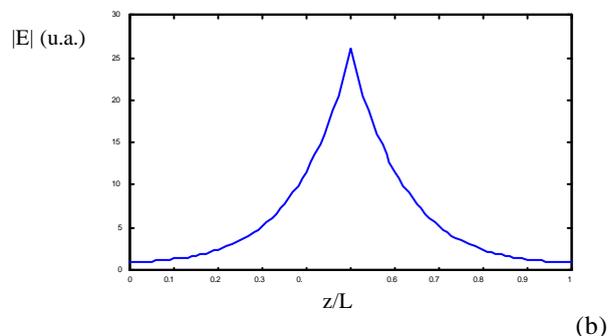
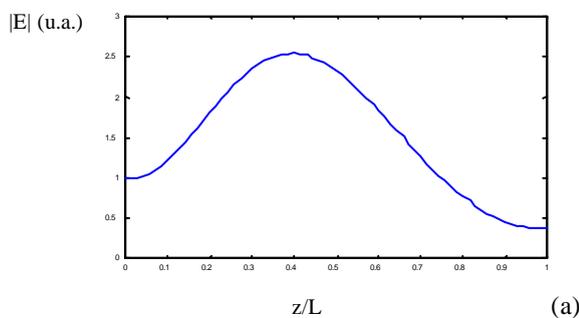


Figura 5. Campo óptico en función de la posición en un láser de fibra con chirpeado lineal simétrico(a) y en un láser de fibra DFB con un cambio de fase de $\pi/2$ (b)

Esto degrada el comportamiento de los láseres de fibra a través del “hole burning” espacial.

Por otra parte, en la estructura propuesta en este artículo, las no linealidades inducidas por el espacial “hole burning” son menores y entonces las variaciones de la distribución espacial del campo dentro de la cavidad son altamente disminuidas, de acuerdo a los resultados obtenidos. La figura 5(a,b) ilustra la variación del campo para estos dos tipos de láseres de fibra. La relación de la mínima con el máxima intensidad del campo óptico es menor para el láser de fibra con chirpeado lineal simétrico que el láser de fibra con un cambio de fase en mitad de la estructura.

3. Conclusiones

Una nueva estructura de láser de fibra se ha presentado, láser de fibra con chirpeado lineal simétrico. La longitud de onda de láser, la selectividad modal y la ganancia umbral depende del factor de chirpeado, el cual ha sido optimizado. La ganancia umbral es mayor que en los láseres de fibra con cambio de fase de $\pi/2$ pero presentan la ventaja que las inestabilidades del comportamiento del láser de fibra son reducidas porque la evolución del campo óptico a lo largo de la estructura es más estable.

4. Agradecimientos

Este proyecto se ha podido realizar en parte gracias a los medios aportados por el proyecto CICY'98-0397-C03-02 y al proyecto SOGAN financiado con fondos FEDER.

5. Referencias

- [1] D. Yu. Stepanov, J. Canning, and L. Poladian, "Apo-dized Distributed-Feedback Fiber Laser", *Optical Fiber Technology*, 5, pp. 209-214, 1999.
- [2] M. Angeles 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, 7th International Symposium*. 1999.