

DESARROLLO DE LÁSERES ULTRARRÁPIDOS PARA APLICACIONES EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Brenda Elizabeth Carrillo López¹, Luis Humberto Hernández Ruíz¹, Luis Fernando Carrillo López¹ y Andrés González García²

RESUMEN

En este trabajo se pretende el control automático de un sistema de control de temperatura para controlar los efectos de dispersión de un interferómetro de Gires-Tournois [1,2], formado por un par de rejillas de Bragg, una de periodo débil de baja reflectancia y la otra rejilla de periodo fuerte de alta reflectancia (~100%). Al aplicarle temperatura a la rejilla, se genera una sintonización del espectro de dispersión de la rejilla, con un ancho a media altura de aproximadamente 2 nm, con una separación de frecuencia espectral de 45 GHz. Utilizando un sistema de control de temperatura mediante un control proporcional-Integral-derivativo, podemos controlar la dispersión de la rejilla y con esto aplicarlo a un láser de cavidad en anillo para generación de pulsos con tasas de velocidad de alrededor de 10 GHz, para aplicaciones en sistemas de OTDR. Los resultados muestran que al introducir un modulador acusto óptico y la utilización del GTI, podemos variar el ancho espectral de los pulsos del láser, y mediante el control de la temperatura aplicado a la rejilla podemos hacer que el láser tenga una sintonización en el rango de emisión de una fibra de Er (~50nm). Para el desarrollo del láser se utilizó 3 m de fibra dopada con Er, un aislador óptico, acopladores 90/10, como monitoreo de los pulsos, un modulador acusto óptico, un diodo laser a 980nm, fibra estándar y un interferómetro de Gires-Tournois, como elemento de sintonización y filtro para el control de la dispersión en la cavidad del láser.

PALABRAS CLAVE Láseres de amarre de modos activos, Amarre de modos armónico, Fibra dopada de doble revestimiento, Amplificador de fibra dopada, Cavidad de anillo, Modulador acusto-óptico.

¹ Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato. Carretera Estatal Guanajuato-Puentecillas km., 10.5, Predio el Carmen, S/N, C.P: 36262, Guanajuato, Gto., Teléfono (473) 734 7878.

² Andrés González García, Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato, Subdirección Académica, Ingeniería Mecatrónica, Carretera Estatal Guanajuato-Puentecillas, km., 10.5, Predio el Carmen, S/N, C:P: 36262, Guanajuato, Gto., Teléfono (473) 734 7878; agonzalezg@itesg.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los láseres de alta velocidad están siendo estudiados muy ampliamente, para aplicaciones diversas, tales como sistemas de comunicación de alta velocidad y en sistemas de detección de fallas u OTDR, para este tipo de aplicaciones se utilizan o se diseñan láseres de modo de modos activos [3-6], por su generación de altas tasas de velocidad de los pulsos obtenidos además del ancho de ellos (al rededor de los ps y 100fs). En este trabajo se presenta el estudio mediante simulación numérica y experimental de un láser en cavidad de anillo formado con 3 m de fibra dopada con Er/Yb y ~2 m de fibra estándar Corning, SMF-28, en el anillo se introduce un modulador acusto-óptico, con el fin de perturbar el modo de ganancia y poder generar los pulsos, un aislador óptico para direccionar el sentido de los pulsos en una dirección, un multiplexor por longitud de onda para introducir el bombeo a 980nm y dejar pasar la emisión láser a 1550nm, un filtro y control de la dispersión mediante un GTI finalmente un diodo láser a 980nm. Mediante un control adecuado de la temperatura aplicada a la rejilla, podemos controlar los efectos de la dispersión y hacer que el láser tenga características de sintonización (~el espectro de emisión del Er 50 nm). El ancho a media altura de banda del filtro fue de ~2nm, para una frecuencia espectral libre de 45 GHz, para sintonización en pasos de 0.1nm, que puede ser utilizado en sistemas de espectroscopia o en sistemas de WDM en comunicaciones.

MÉTODOS Y MATERIALES

La configuración del sistema se muestra en la figura 1, ahí se especifica cada uno de los elementos utilizados, 3m de fibra dopada con Er/Yb de doble revestimiento, como medio de ganancia del láser con un diámetro de núcleo de 7 μ m, y 130 de revestimiento interno y 250 de revestimiento externo. Con una relación de apertura numérica núcleo revestimiento de 0.17, un modulador acusto-óptico a 10GHz, activo mediante un cristal de TeO₂ que se activa a 1550nm, de fibra, acoplador de monitoreo del pulso con relación de acople 90/10, utilizando el 10% para observar la señal, se utilizó un fotodetector para monitorear los pulsos en un osciloscopio digital de 100MHZ de ancho de banda con 1.5 Gbs por trama, un analizador de espectros ópticos para observar el espectro de la emisión láser, un aislador óptico para asegurar un sentido dentro de la cavidad del láser de la señal y evitar daños al diodo láser de bombeo por reflexión.

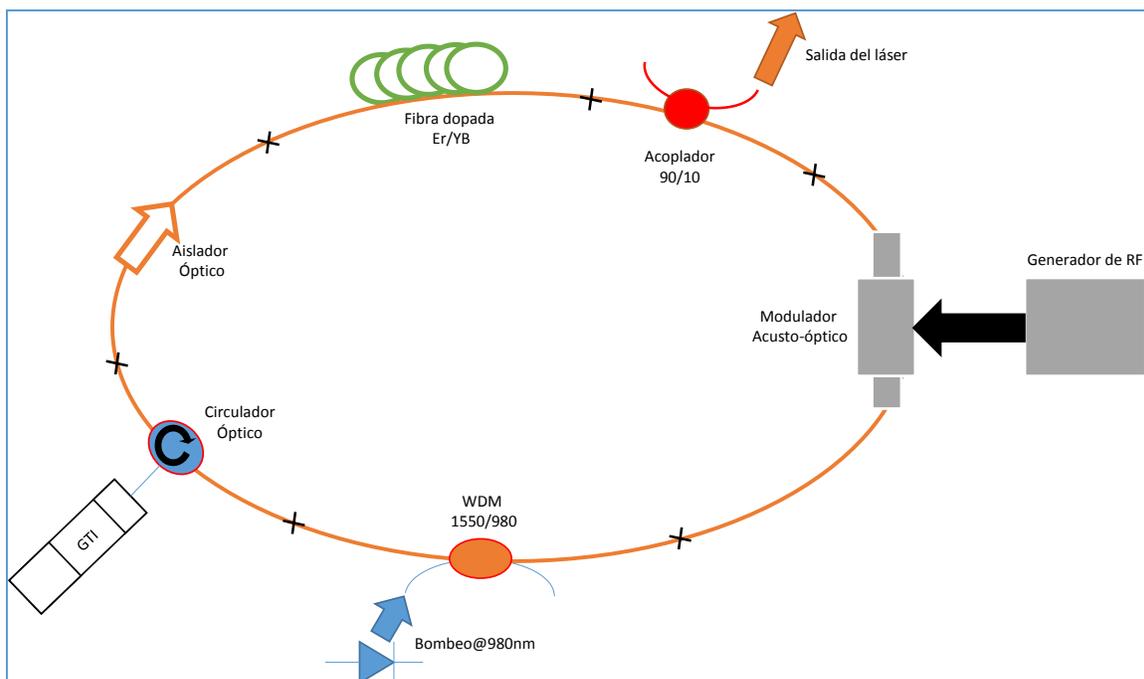


Figura. 1. Configuración experimental del sistema

Mediante un sistema de control automatizado controlamos la temperatura que se le aplica al Interferómetro GTI, para volver el láser sintonizable para un rango en particular del espectro de emisión del Er. Este sistema está formado por un sistema de control PID, del inglés, donde se introduce un error que se analiza a la salida después de fijar un punto de referencia (set Point), para el nivel de temperatura que en nuestro caso fue de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, la temperatura ambiente, donde la rejilla selecciona la longitud de onda de 1550 nm . En la figura 2 se muestra el espectro de la dispersión de la rejilla a temperatura ambiente y en la 2b se observa el rango de sintonización cuando se somete a la rejilla a cambios de temperatura con variaciones de 0.5 grado por grado, variando de esta manera la magnitud de la dispersión en la rejilla obteniendo un FRS de 30 GHz (separación de $\sim 0.3\text{ nm}$). El perfil de los pulsos se ajustan a un perfil gaussiano aunque la idea es obtener perfiles solitónicos de pulsos al menos de orden 1. El tamaño temporal de los pulsos fue de 80 ps aproximadamente se está trabajando en el ajuste para obtención de pulsos del orden de los 100 fs o menos. En la figura 2 se observa el control empleado sobre la rejilla donde se controla la presión y temperatura aplicada a la rejilla, donde se observa el control de la dispersión y la sintonización que presenta debido a la birrefringencia inducida al aplicarle presión y el aumento en su picos de dispersión y retardo de grupo al aplicarle temperatura.

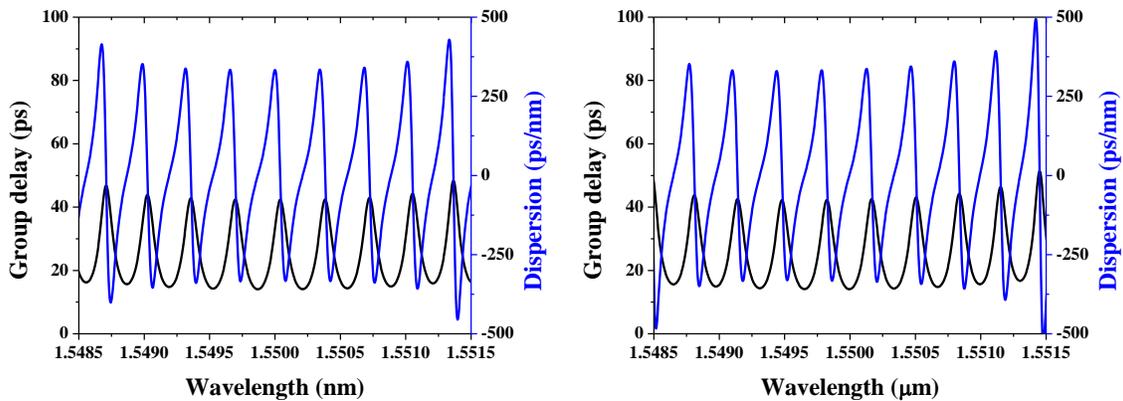


Fig. Espectro del retraso de grupo y la dispersión calculado para una variación de la temperatura y presión sobre la rejilla de 0 °C a 50 °C, y -200 a 200 μ -estiramiento.

En la figura 3, se observan los espectros de reflectancia del filtro insertado en la cavidad, para el control de la dispersión en el sistema. Se observa una variación de 2 a 3 nm aproximadamente. Generando cambios en el ancho temporal de los pulsos.

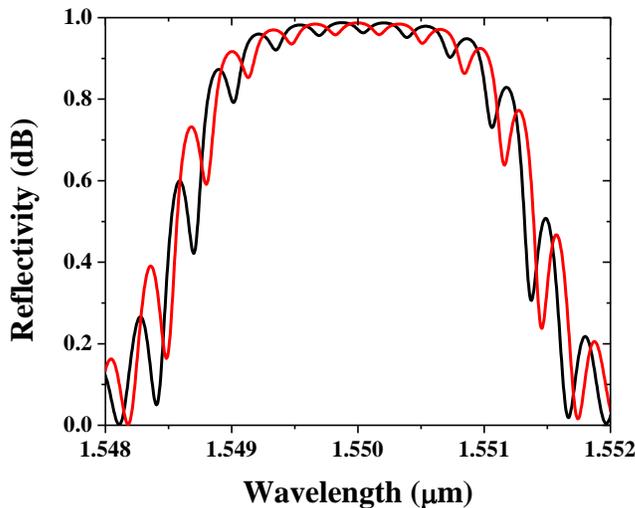


Figura 3. Espectros de reflectancia del filtro de GTI, al cual se le ha aplicado variaciones de presión y temperatura

Estos resultados conllevan a tener pulsos como los mostrados en la figura 3, donde se observa el perfil de los pulsos y una desintonización debido a la frecuencia del modulador acusto-óptico.

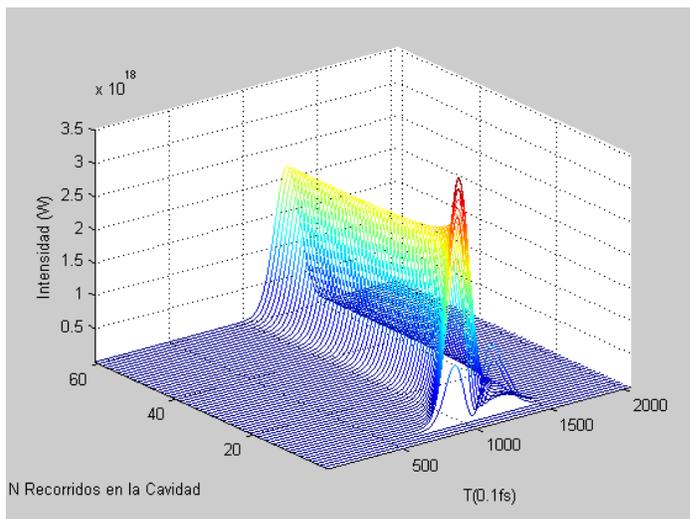


Figura 3. Perfil de los pulsos obtenidos del sistema.

CONCLUSIONES

En este trabajo se demostró el modelo computacional para el desarrollo de un láser pulsado en cavidad de anillo utilizando la técnica de amarre de modos activo, para la obtención de pulsos a tasas de repetición del orden de los 10Gb/s, para aplicaciones en sistemas de comunicaciones por fibra óptica ultrarrápidos y dispositivos de detección de fallas en sistemas de comunicaciones (OTDR). Se espera mejorar las características del tamaño de los pulsos, frecuencias de repetición energía y potencia pico de cada pulso asimismo como su estabilidad como trabajo a futuro,

REFERENCIAS

- [1]. Xuewen Shu, Kate Sugden, and Ian Bennion, "Virtual Gires–Tournois etalons realized with phase-modulated wideband chirped fiber gratings", *Opt. Lett.* Vol., 32, 3546-3548 (2007).
- [2]. X. Shu, K. Sugden, and K. Byron, *Opt. Lett.*, vol, 28, 881 (2003).
- [3]. Yong Wang, Chang-Ging Xu, "Actively Q-switched fiber laser: Switched dynamics and nonlinear process," *Elsevier Progress in Quantum Electronics*, vol. 31, 131-216, (2007).
- [4]. Yanning Huo, Peter K. Cheo, George G. King, "Modeling and Experiments of Active Q-switched Er³⁺-Yb³⁺ codoped clad-pumped fiber Lasers," *IEEE J. Quant. Electron.* vol. 41, 573-580, (2005).
- [5]. A. V. Avdokhin, S. V. Popov and J. R. Taylor, "Totally fiber integrated, figure-of-eight, femtosecond source at 1065 nm", vol. 11, *OPTICS EXPRESS* 265-269, (2003).
- [6]. M.H. Ober, M. Hofer, and M.E. Fermann, "42-fs pulse generation from a mode-locked fiber laser started with a moving mirror", *Opt. Lett.*, vol., 18, 367 (1993).