

Sincronización de dos láseres de semiconductor sometidos a retroalimentación óptica filtrada y acoplados unidireccionalmente

Miguel Cornelles Soriano*, Pere Colet, Claudio Mirasso
Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos, IFISC (CSIC-UIB)
Campus Universitat Illes Balears
07122 Palma de Mallorca

La retroalimentación óptica puede causar inestabilidades en la emisión de los láseres de semiconductor. En la mayoría de los casos, dichas inestabilidades aparecen en la forma de oscilaciones caóticas en la potencia óptica emitida. Estas oscilaciones caóticas pueden utilizarse para codificar información y así mejorar la seguridad de la transmisión de datos en sistemas de comunicación ópticos¹.

La portadora caótica que se genera cuando se somete el láser maestro a retroalimentación óptica suele tener un ancho de banda bastante mayor que la señal que se desea transmitir. Esto implica una mayor exigencia en los canales de comunicación que se vayan a emplear. Una manera de optimizar el sistema es añadiendo un filtro óptico en la cavidad externa que genera la retroalimentación². De esta forma, se reduce el ancho de banda de la portadora caótica de forma notable. En este trabajo exploramos la sincronización entre dos sistemas acoplados unidireccionalmente, que es la configuración típica para comunicaciones basadas en caos (Ver Figura 1).

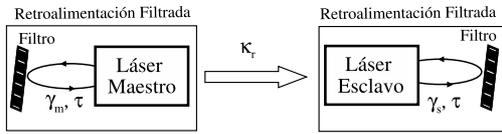


Figura 1. Disposición de emisor y receptor en bucle cerrado.

La dinámica de este sistema viene dada por^{1,2}:

$$\begin{aligned}\dot{E}_m(t) &= \frac{1+i\alpha}{2} \left[G_m - \frac{1}{\tau_p} \right] E_m(t) + \gamma_m F_m(t), \\ \dot{F}_m(t) &= \Lambda_m E_m(t - \tau) e^{-i\Phi_m} + (i\omega_m - \Lambda_m) F_m(t), \\ \dot{E}_s(t) &= \frac{1+i\alpha}{2} \left[G_s - \frac{1}{\tau_p} \right] E_s(t) + \gamma_s F_s(t) + \kappa_r E_m(t), \\ \dot{F}_s(t) &= \Lambda_s E_s(t - \tau) e^{-i\Phi_s} + (i\omega_s - \Lambda_s) F_s(t), \\ \dot{N}_{m,s}(t) &= \frac{I}{e} - \frac{N_{m,s}(t)}{\tau_N} - G_{m,s}(t) P_{m,s}(t),\end{aligned}$$

donde los subíndices m y s denotan láser maestro y esclavo, respectivamente. E corresponde al campo eléctrico y N a los portadores en la cavidad láser, mientras que F corresponde a la retroalimentación filtrada. La respuesta en transmisión de los filtros se ha modelado como una Lorenciana. El ancho del filtro a la mitad del máximo es 2Δ y la frecuencia central del filtro es ω . Hemos consid-

erado un retraso $\tau = 1\text{ns}$ y una intensidad de la retroalimentación de $\gamma_{m,s} = 25\text{ns}^{-1}$. Además, hemos fijado el bombeo a 1.5 veces la corriente umbral. Los valores del resto de los parámetros son idénticos para ambos láseres y se pueden encontrar en Referencia¹.

Nuestros resultados numéricos indican que la sincronización entre el maestro y el esclavo no sólo se mantiene sino que mejora cuando se añade un filtro en la cavidad externa, ver Figura 2. Además, el tiempo de autocorrelación de la portadora caótica generada con la retroalimentación filtrada es similar al de una portadora caótica generada con la retroalimentación de espejo plano, indicando que ambos son de complejidad similar. Dado que el filtro apenas disminuye la complejidad de la portadora, hemos atribuido la mejora en la sincronización a la discriminación de las frecuencias altas, las cuales sincronizan peor.

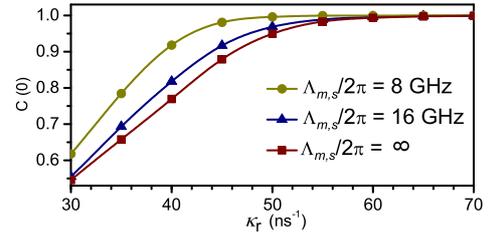


Figura 2. Correlación cruzada entre el láser maestro y el esclavo en el bucle cerrado en función de la intensidad del acoplamiento, κ_r . Los anchos de los filtros son 8GHz, 16GHz y ∞ (sin filtro). $C(0)=1$ para una sincronización perfecta.

Hemos comprobado que la sincronización empeora drásticamente cuando se utilizan filtros con distintos parámetros en el emisor y el receptor. Por ejemplo, $C < 0.95$ para filtros en el receptor más estrechos que 12GHz o más anchos que 22GHz con un filtro en el emisor de $\Lambda_m/2\pi = 16$ GHz y un acoplamiento de $\kappa_r = 60\text{ns}^{-1}$. Este hecho podría usarse para mejorar aún más la seguridad de sistemas de comunicación caóticos.

* miguel@ifisc.uib.es, <http://ifisc.uib.es>

¹ C.R. Mirasso, R. Vicente, P. Colet, J. Mulet, T. Pérez, C. R. Phys. **5**, 613 (2004).

² M. Yousefi and D. Lenstra, IEEE J. Quantum Electron. **35**, 970 (1999).