

Fuentes de luz para OCT: diodos superluminescentes, supercontinuo, swept source

Leslie Cusato

31 Octubre 2018

La interferometría de baja coherencia se ha expandido considerablemente desde los últimos 10 años gracias a los éxitos demostrados en la medición de distancias y diferencia de camino óptico para aplicaciones médicas, principalmente en oftalmología y cardiología. La técnica de tomografía óptica coherente (OCT por sus siglas en inglés) permite adquirir imágenes tomográficas de alta resolución. El esquema básico de OCT consiste en un interferómetro de Michelson con una fuente de luz de bajo tiempo de coherencia. Existen dos procedimientos de barrido básicos: uno en profundidad, mediante el espejo de referencia y uno lateral moviendo la muestra. La interferometría óptica de baja coherencia se basa en la ocurrencia de franjas cuando la diferencia de camino óptico entre el haz de referencia y el de muestra coinciden dentro de la "ventana de coherencia". La longitud de coherencia de esta ventana está dada por: $l_c = \frac{2 \ln 2}{\pi} \frac{\bar{\lambda}^2}{\Delta \lambda}$, donde se aprecia que con un ancho de banda espectral ($\Delta \lambda$) mayor se obtendrá una mejor resolución espacial. Por ejemplo, para una fuente de $\bar{\lambda} = 820 \text{ nm}$, $\Delta \lambda = 20 \text{ nm}$ se obtiene una resolución en profundidad de $l_c = 15 \mu \text{ m}$.

Existen dos tipos de esquemas para OCT: en el dominio del tiempo y en el dominio de frecuencia. En el primero el escaneo en profundidad se realiza moviendo el espejo de referencia y adquiriendo la señal con un fotodetector en función del desplazamiento. En el dominio de la frecuencia, también denominado Fourier, el espejo de referencia se deja quieto y se mide la señal de salida en función de la frecuencia (longitud de onda). Para analizar esta señal es necesario realizar una transformada de Fourier, de allí el nombre. Este esquema puede estar basado en un espectrómetro o en una swept source. Para el primero se utiliza una red de difracción y se adquiere la señal dispersada mediante una cámara CMOS, CCD o un array lineal de fotodetectores. En el caso de swept source, se realiza un barrido en longitud de onda del espectro de la fuente y se detecta con un único detector a la salida del interferómetro.

A la hora de elegir la fuente necesaria para realizar la técnica OCT, se tienen en cuenta dos características principales: la intensidad y el ancho de banda del espectro. Las principales fuentes utilizadas actualmente son:

Diodos superluminescentes: Combinan el ancho de banda de un led con la intensidad de un láser. Su estructura es similar a la de un diodo LED, pero las paredes de la juntura no tiene una superficie reflectante para evitar la retroalimentación. El ancho de banda ronda los 30 nm.

Supercontinuo: Consiste en una fibra de cristal fotónico (altamente no lineal) excitada con pulsos ultracortos (del orden de femtosegundos) que llega a generar espectros de ancho mayor a 400nm.

Swept source: Láser sintonizable. Consiste en un láser de banda ancha con un filtro intracavidad (por ejemplo un Fabry-Perot) que permite sintonizar la frecuencia y realizar un barrido en todo el espectro. Este tipo de fuente permite reconstruir imágenes más rápido y a su vez dada la intensidad (mayor a la de un SLED) permite una mayor penetración en el tejido.

Referencias

OCT general: Freitas, A., Amaral, M., & Ruele, M. (2010). Optical coherence tomography: development and applications. In Laser pulse phenomena and applications. InTech.

Fercher, A. F., Drexler, W., Hitzenberger, C. K., & Lasser, T. (2003). Optical coherence tomography-principles and applications. Reports on progress in physics, 66(2), 239.

Diodos superluminiscentes:https://www.superlumdiodes.com/pdf/sld_overview.pdf

Supercontinuo: https://www.nktpotonics.com/wp-content/uploads/sites/3/2015/02/Application_note_-_Supercontinuum-General.pdf

Swept source: Drexler, W., Liu, M., Kumar, A., Kamali, T., Unterhuber, A., Leitgeb, R. A. (2014). Optical coherence tomography today: speed, contrast, and multimodality. Journal of biomedical optics, 19(7), 071412.