Medidas de Localización de Calor en Componentes de Fibra Óptica con Resolución Espacial de Milímetros

Cedido por Setup Electrónica

www.setup-electronica.es

B. J. Soller, M. E. Froggatt, D. K. Gifford, and M. S. Wolfe
Luna Technologies Inc., 2020
Kraft Dr. Suite 2000, Blacksburg, VA 24060
Adaptación del Dpto. Técnico de Setup Electrónica

Presentación de una novedosa técnica de detección de temperatura con un sistema de fibra óptica de muy alta resolución basado en la medición del desplazamiento de la firma espectral por Rayleigh backscatter (retrodispersión) a lo largo de una fibra óptica. Se demostrará que se puede obtener una medición de la temperatura con ±0,1° C de resolución con una resolución espacial de 10mm, y una resolución de ±1 ° C con una resolución espacial de 2 mm. Demostramos cómo esta técnica puede ser aplicada a la monitorización in-situ de la temperatura en aplicaciones con un módulo amplificador de alta potencia.

La fibra óptica, por las propiedades de los materiales, es un sensor distribuido ideal de temperatura. Existen varios métodos disponibles para obtener información distribuida de la temperatura de una fibra óptica. Pueden ser basadas en dispersión Raman, Brillouin y Rayleigh, así como las que utilizan la multiplexación de FBGs (Fiber Bragg gratings) [1-3]. Las técnicas de medida Raman y Brillouin uilizan reflectometría en el dominio del tiempo (OTDR) que no es la más apropiada para aplicaciones que requieren alta resolución. Las que utilizan FBGs pueden obtener mayor resolución, pero limitada por el número de puntos sensores (grattings) que se pueden multiplexar en una fibra. En ambos casos normalmente es necesaria una fibra óptica especial.

En este artículo presentamos medidas de cambios de la temperatura local en una escala de milímetros en un amplificador óptico de alta potencia. Utilizamos interferometría en un barrido de longitud de onda (SWI) para medir la retrodispersión de Rayleigh como función de longitud a lo largo del componente con muy alta resolución espacial [4].

El funcionamiento como sensor se obtiene midiendo la temperatura inducida por el desplazamiento del espectro reflejado de Rayleigh en el lugar calentado [5]. Utilizamos un compacto conjunto de fibras (TFB) dentro del amplificador como ejemplo específico de un componente que experimenta un calentamiento local, pero la técnica se puede aplicar a cualquier componente óptico sensitivo a la temperatura.

Para muchas aplicaciones puede ser ventajoso medir las condiciones de calor local in-situ, pero la identificación precisa del calentamiento durante el funcionamiento puede ser difícil o imposible en dispositivos compactos. Es especialmente así en aplicaciones de alta potencia o energía, porque pequeños defectos dentro del componente pueden esparcir luz desde el núcleo central y producir calentamientos locales en la fibra y alrededor del revestimiento o envoltorio. Los sistemas Raman o Brillion no pueden dar una resolución espacial en el orden de la propia longitud del componente. La

El método de detección de temperatura descrito aquí es ventajoso no solo por su gran resolución espacial sino porque también puede monitorizar los cambios de temperatura en un componente.

Es decir, puede extraerse el perfil de temperatura local dentro de un componente, con gran precisión y resolución, mientras que el componente está sujeto a sus condiciones normales de funcionamiento. La obtención de la longitud de onda barrida de la dispersión de Rayleigh puede proporcionar medidas de temperatura tan precisas como 1 ° C en regiones espaciales tan pequeñas como de 3mm, proporcionando la resolución de sensibilidad espacial y temperatura necesaria para la evaluación del componente.

Experimento

La dispersión de Rayleigh en fibra óptica es causada por fluctuaciones aleatorias en el perfil de índice a lo largo de la longitud de la fibra.

Para una fibra dada, la dispersión de la amplitud como función de la distancia es una propiedad aleatoria pero estática de esta fibra. Cambios en el período local de la dispersión de Rayleigh causados por un estímulo externo (como la temperatura) causa a su vez cambios en el espectro local reflejado. Este cambio espectral puede entonces medirse para formar un sensor de temperatura distribuido.

En este trabajo, la polarización diversa SWI se utiliza para medir tanto la amplitud como la fase de la señal de retrodispersión de Rayleigh.

La red de medida utilizada se muestra en la Fig.1. La luz de una fuente láser ajustable (TLS) se divide entre los brazos de referencia y la medición de un interferómetro. En la ruta de medición, un acoplador 50/50 divide más la luz para interrogar sobre la longitud de fibra bajo prueba (FUT, etiquetado "Sensor" en la figura) y devolver la luz reflejada. Otro acoplador 50/50 recombina a continuación las medidas y campos de referencia. Un divisor de haz de polarización y un controlador de polarización se utilizan para dividir la luz de referencia uniformemente en dos estados de polarización ortogonal.

La relación entre las mediciones y estos dos estados de polarización se registra entonces en los detectores

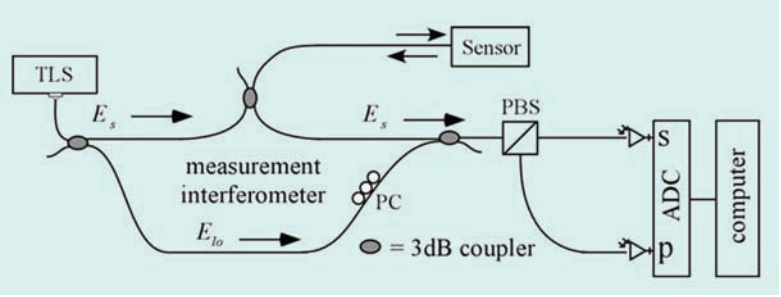

Fig. 1. Optical network used for polarization-diverse measurement of Rayleigh backscatter for distributed fiber sensing. Es and Elo from the tunable laser source (TLS) combine and interference fringes are detected at the "s" and "p" and digitized at the ADC 'A' to 'D' converter (ADC).

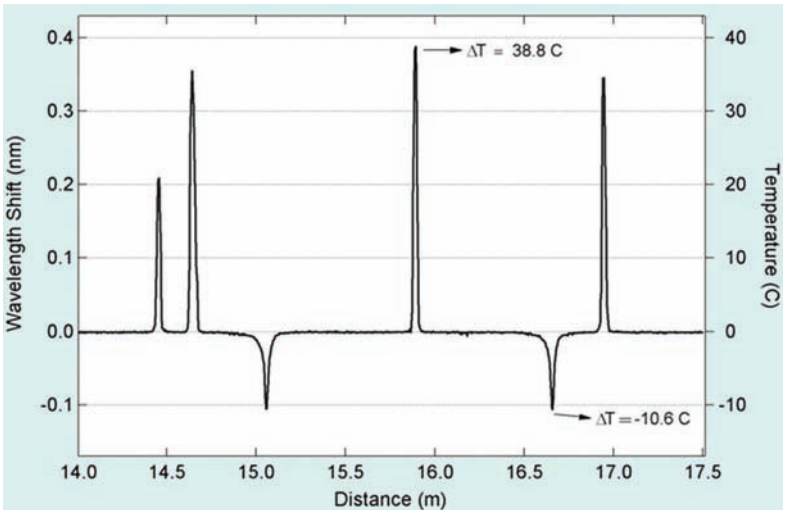

Fig. 2. Distributed temperature measurements using SMF28 with four "hot" spots and two "cold" spots

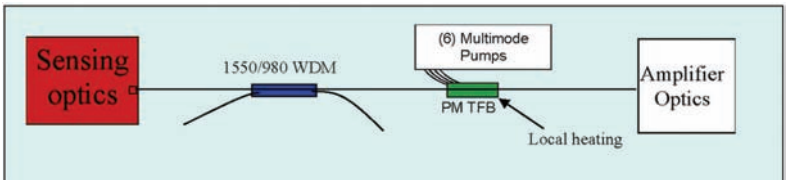

Fig. 3. Setup for measurements of tapered fiber bundle (TFB).

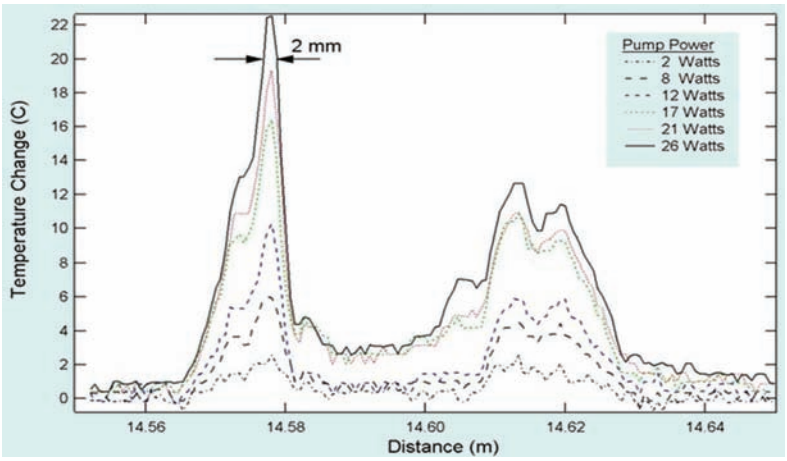

Fig. 4. Distributed temperature measurements of localized heating in TFB

etiquetados como S y P. El SWI se utiliza para medir el complejo coeficiente de reflexión del FUT como función de la longitud de onda. La dispersión de Rayleigh como función de la longitud se obtiene vía la transformada de Fourier (véase la referencia 4 para obtener más detalles). En esta prueba, el perfil de dispersión se mide en longitudes de fibra de 20m con ~20 micrómetros de resolución mientras el láser opera en la banda de 1550nm de longitud de onda.

La Figura 2 muestra los resultados de la temperatura distribuída utilizando la técnica SWI y una fibra SMF28 como fibra sensor. Utilizando la relación entre el desplazamiento espectral y los cambios de temperatura, referenciada en [6] de 10pm/ºC, el desplazamiento espectral en 15,9m representa un cambio de temperatura de 38,8ºC. Con un Δx de 5 mm el error espectral estimado fue de ±3 pm correspondientes a ±0.3 °C.

Un Δx de 2 mm incrementa el error a ±20 pm ó ±2 °C. Incrementando Δx a 10 mm reducimos el error a ±1 pm ó ±0.1 °C.

Resultados

La configuración para la medida local de calor en un bundle compacto de fibra por polarización (PM TFB) se muestra en la Figura 3

Seis inyectores ópticos multimodo operando a 980nm se insertan en un modulo amplificado monomodo utilizando la TFB. Este tipo de configuración se utliza en sistemas amplificadores de alta potencia que requieren múltiples inyectores láser. La calidad tanto de la compactación en el TFB como el empalme al SMF pueden impactar drásticamente en el rendimiento del componente y por tanto del sistema.

La temperatura en el TFB se midió en series de diferentes inputs de los inyectores de potencia en el rango de 2Watts a 26Watts. El resultado del perfil de temperatura local se muestra en la Fig. 4. Los dos 'picos' representan el calor en la localización de los empalmes a los dos lados del TFB y el área entre ambas es la temperatura en la región compacta del TFB. El ancho del primer gran pico es de alrededor de 2mm.

Conclusiones

La interferometría por barrido de longitud de onda tiene ventajas significativas en la detección distribuída. Primero, es capaz de dar una alta resolución espacial en medidas de temperatura, permitiendo monitorizarla a nivel de componente o subcomponente. Segundo, no requiere una fibra especial o una técnica no lineal haciendo posible la monitorización in-situ de los efectos del calor. Esto a su vez permite una sólida y eficiente monitorización y detección aplicable a diferentes aplicaciones sensibles a la temperatura.

References

[1] J. P. Dakin, D. J. Pratt, G. W. Bibby, and J. N. Ross, Electron. Lett. 21, 569 (1985).
[2] D. Culverhouse, F. Farahi, C. N. Pannel, and D. A. Jackson, Electron. Lett. 25, 913 (1989).
[3] S.E. Kanellopoulos, V.A. Handerek and A.J. Rogers, Opt.Lett., 20, 333-335 (1995).
[4] B. J. Soller, D. K. Gifford M. S. Wolfe, and M. E. Froggatt, OFC/NFOEC Technical Digest, Los Angeles, March, 2005, paper NWD 3.
[5] D. K. Gifford, B. J. Soller, M. S. Wolfe, and M. E. Froggatt, ECOC Technical Digest, Glasgow, Scotland, 2005, paper We4.P.5
[6] A. Othonos and K. Halli, Fiber Bragg Gratings: Fundamentals and Applications in Telecommunications and Sensing, Artech House, Boston (1999).