

CALIBRACIÓN DE PATRONES DE POTENCIA ÓPTICA EN FIBRA EN EL INTERVALO VISIBLE DEL ESPECTRO

Juan Galindo-Santos⁽¹⁾, Concepción Pulido de Torres⁽²⁾, José Luis de Miguel⁽¹⁾, Pedro Corredera⁽¹⁾.

⁽¹⁾Instituto de Óptica, CSIC. Serrano 121, 28006, Madrid.

⁽²⁾Instituto de Estructura de la Materia, CSIC. Serrano 123, 28006, Madrid.

j.galindo@csic.es

Resumen: El creciente uso de sensores de fibra óptica de plástico (POF) en la industria necesita métodos de calibración adecuados para los equipos de medida usados. En este trabajo se presenta una técnica de calibración de patrones secundarios de potencia óptica para fibras ópticas en el VIS-NIR con incertidumbre menor del 1,1%. Se calibra y considera el diseño de radiómetros de esfera integradora para fibras ópticas. El trabajo analiza su versatilidad y los errores posibles que se pueden cometer en la diseminación de las escalas de medida de potencia óptica en fibras de plástico y sílice en VIS-NIR.

1. INTRODUCCIÓN

Las POF son fibras ópticas de núcleo y revestimiento poliméricos (PMMA) que, aunque con mayores pérdidas en la propagación y menor capacidad de transmisión de datos que las comunes de vidrio, son más robustas y permiten soluciones más baratas. Las POF se presentan con diversas geometrías, diámetros de núcleo y revestimiento, apertura numérica (AN) y comportamiento modal, que impiden el uso de los tradicionales métodos de calibración usados en los laboratorios de metrología (comparación con patrones ópticos en aire), por la dificultad de reproducir todas las posibles combinaciones. Los radiómetros de esfera integradora han demostrado ser una buena solución, que elimina en gran parte muchos de estos problemas [[1]] y [[2]], por lo que se usan en los laboratorios nacionales en calibración de medidores de potencia en fibras.

En este trabajo se presentan los resultados de la calibración de un radiómetro de esfera integradora comercial a las longitudes de onda de 633 nm, 660 nm, 780 nm y 850 nm. En particular, a la λ de 850 nm se realiza un estudio de la validez de los resultados de la calibración según la geometría de fabricación del radiómetro de esfera, la AN de las fibras usadas y su comportamiento, tanto monomodal como multimodal.

2. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DE CALIBRACIÓN

La calibración absoluta de medidores de potencia óptica para fibras se realiza por comparación directa entre la potencia detectada por un radiómetro piroeléctrico eléctricamente calibrado (ECPR) y la señal

producida por el medidor bajo prueba. La evaluación de las incertidumbres en el factor de calibración del ECPR se calcula de la medida precisa de los parámetros ópticos y eléctricos que afectan al funcionamiento de este tipo de radiómetro [[3]]. Para nuestro ECPR el factor de calibrado se ha estimado en $+0,9988 \pm 0,0076$ a 633 nm (destacar que la incertidumbre relativa $<1\%$). Este factor de calibrado es constante dentro de este nivel de incertidumbre en el intervalo entre 400 nm y 1000 nm, lo que hace este tipo de radiómetro muy útil en la calibración de elementos de medida bajo condiciones no controladas. La calibración se realiza intercambiando el conector de fibra óptica entre el ECPR de referencia y el medidor de potencia bajo prueba. La bondad de esta técnica es que se puede medir cualquier combinación de fibra y láser por la respuesta plana y muy eficiente del ECPR en estas longitudes de onda

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha aplicado esta técnica a la calibración de dos esferas integradoras a $\lambda = 850$ nm utilizando diferentes tipos de fibras (de vidrio y plástico, monomodo –SM- y multimodo –MM-, de diferentes aperturas numéricas). Se ha usado una esfera integradora de espectralon de 2" de diámetro interior, con un detector de Si y uno de InGaAs colocados en ángulo recto entre ellos y con la entrada de luz, que tiene 3 mm de diámetro de forma que la AN es igual a 0,27. El segundo, es un radiómetro de esfera comercial de diámetro interior de 1" del mismo material con un detector de Si, colocado sobre la misma superficie de la esfera y con una apertura de entrada 5 mm de diámetro a 90 grados del detector. Ambos radiómetros de esfera disponen de conectores para fibra óptica.

Primeramente, la técnica fue aplicada a la calibración del radiómetro de esfera integradora comercial a diferentes λ , estableciéndose un factor de calibración (FC) y su incertidumbre (Tabla 1).

| λ (nm) | FC | U(k = 2) | Cor.(%) | U _r (%) |
|----------------|--------|----------|---------|--------------------|
| 635,00 | 0,8625 | ±0,0070 | 13,75 | ±0,81 |
| 660,00 | 0,8570 | ±0,0069 | 14,30 | ±0,81 |
| 785,00 | 0,9322 | ±0,0075 | 6,78 | ±0,80 |
| 850,00 | 0,9275 | ±0,0074 | 7,25 | ±0,79 |

Tabla 1. Factor de calibración (FC) de la esfera comercial. Cor (corrección)

La geometría y tamaño de las esferas y diafragmas de entrada, la posición y tamaño del detector, el tamaño de la apertura de entrada, las posibles interreflexiones con el conector de fibra, definen la validez de los factores de calibración según la AN de los diferentes tipos de fibras. Para el estudio de las desviaciones de la calibración de los radiómetros prueba frente a diferentes tipos de fibra, se han seleccionado las siguientes: F1 de SiO₂ con diámetro núcleo /recubrimiento de (4,4/125 y AN 0,13), F2 de SiO₂ (10/125 y AN 0,12), F3 de SiO₂ (50/125 y AN 0,22), F4 de PMMA (486/500 y AN 0,50) y F5 de PMMA (50/500 y AN 0,185). Con cada una de estas fibras se han calibrado los radiómetros a la $\lambda = 850$ nm. Utilizando la fibra F1 como referencia, por considerarse la más adecuada para la λ de estudio (SM y AN baja), la desviación observada en los radiómetros para el resto de fibras se muestra en la tabla 2.

| | ISR-Si | ISR-InGaAs | Comercial |
|----|--------|------------|-----------|
| F1 | 0 | 0 | 0 |
| F2 | -1,8 | -1,0 | 1,1 |
| F3 | -1,2 | -0,80 | 0,85 |
| F4 | 19 | 25 | -30 |
| F5 | -0,014 | 0,49 | -1,7 |

Tabla 2. Desviación (%) de la calibración a 850 nm con respecto a los valores obtenidos con la F1

Las desviaciones observadas en la esfera ISR-InGaAs son inferiores al 1,5 % para todas las fibras con AN inferior a 0,27, mientras que en la comercial sólo son inferiores al 1,5 % para las fibras de núcleo de SiO₂. La esfera ISR-Si presenta desviaciones similares a la ISR-InGaAs, salvo para F2 en que supera el límite. Esto puede deberse a un problema de la mecánica del detector. En todos los casos, las mayores desviaciones se obtienen con el uso de la F4, seguramente como consecuencia de las reflexiones directas que recibe el detector, algo similar a lo que ocurre con un haz colimado en aire.

Además, en el caso de la comercial, el conector utilizado en la esfera es aluminio reflector, por lo que existe una reflexión de alrededor del 80 % del conector hacia el interior de la esfera, esto produce una mayor señal en el detector respecto del caso de no estar ese conector. Así, es conveniente calibrar la esfera con el conector a utilizar.

4. CONCLUSIONES

Se ha definido una técnica idónea para la calibración de radiómetros y medidores de potencia óptica en fibra para ser utilizados como patrones secundarios y demostrado su aplicabilidad en función de la configuración experimental. En particular, en función del tipo de fibra óptica utilizada para llevar la luz a la esfera (mono o MM, de vidrio o plástico, y con distintas aperturas numéricas).

La esfera integradora ISR-InGaAs puede ser utilizada para cualquier tipo de fibra con una AN inferior a 0,27, al igual que ISR-Si, siempre que se asegure perfectamente la mecánica. La esfera comercial sólo podría ser utilizada con los tipos de fibras con las que se calibró dadas las desviaciones que presenta. El uso de fibras ópticas con aperturas numéricas altas da lugar a desviaciones grandes, por lo que su utilización para medidas con mayor precisión exigirá el diseño de nuevas esferas integradoras adecuadas a las fibras utilizadas o calibrarlas con cada tipo de fibra y láser con las que se vayan a utilizar.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Ministerio de Economía y Competitividad de España a través de los proyectos TEC2015-71127-C2-1-R, TEC2015-71127-C2-2-R y FIS2014-61633-EXP, la Comunidad de Madrid (S2013/MIT-2790) y EURAMET (JRP-i22 IND22 Photind).

REFERENCIAS

- [1] Nettleton D. H. "New developments and applications in optical radiometry". 1989, 93-97. Techno House. Bristol.
- [2] P. Corredera et al., Metrología., vol. 37, pp. 519-22, 2000.
- [3] W. M. Doyle et al., Opt. Eng., vol. 15, pp. 541-8, 1976.