

VALIDACIÓN DE MEDICIONES INTERFEROMÉTRICAS CON SISTEMA KÖSTERS EN 100 mm Y 300 mm

L. Álvarez, E. Beer, K. Bastida
INTI Física y Metrología
alvarez@inti.gov.ar

Introducción

INTI-Física y Metrología materializa la unidad de longitud a través de un interferómetro NPL-TESA que opera con láseres que emiten en 633 nm y 543 nm, trazables al patrón nacional de longitud. A partir de este sistema se realiza la calibración interferométrica de bloques patrón, declarada como capacidad de medición y calibración (CMC) en el Apéndice C del BIPM. En 2014, a partir de una revisión de pares el rango de calibración de dicha CMC se extendió, cubriendo actualmente el rango de 0,5 mm a 300 mm.

Por otro lado INTI-Física y Metrología también cuenta con un interferómetro de Kösters, denominado habitualmente como “*interferómetro del metro*”, que fue diseñado para la calibración interferométrica de bloques patrón en el rango de 100 mm a 1000 mm. Este sistema opera con lámparas espectrales y actualmente se encuentra operativo para la calibración por interferometría diferencial. A fin de validar estas mediciones se realizó una comparación interna entre los dos sistemas interferométricos, NPL-TESA y Köster, en 100 mm y 300 mm. Los resultados de este trabajo permitirán en un futuro ampliar la declaración de CMC de calibración interferométrica de bloques patrón hasta los 1000 mm. Así mismo se tiene previsto actualizar el interferómetro bajo validación de acuerdo a la actual definición del metro (1983). Esto permitirá realizar mediciones en forma absoluta.

Objetivo

Validar las mediciones interferométricas por método diferencial realizadas con el interferómetros de bloques largos (Köster). Para esto se realizó una comparación interna entre el interferómetro de Kösters y el interferómetro de bloques cortos (NPL-TESA), en 100 mm y 300 mm.

Descripción

El interferómetro de Kösters fue diseñado por el Dr. Ernst Engelhard, autor de la definición del metro de 1960, para la calibración interferométrica de bloques patrón en el rango de 100 mm a 1000 mm. De acuerdo al diseño original (Carl Zeiss- PTB), el sistema opera con

lámparas espectrales, y los bloques patrón se adhieren a pequeñas platinas de referencia y se disponen en forma horizontal apoyados en los puntos de Airy en el interior del interferómetro. En la Figura 1 se muestra un esquema del arreglo experimental y fotografías de los interferogramas que se obtienen para las longitudes de onda del cadmio y con luz blanca.

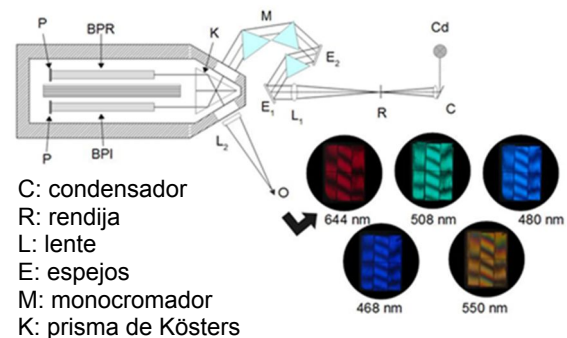


Figura 1: Esquema de la vista en planta del sistema interferométrico Kösters, Cd: lámpara de cadmio, P: platinas de referencia, BPR: bloque patrón de referencia, BPI: bloque patrón bajo calibración, O: sistema telescópico para observación.

Para la comparación se consideraron bloques patrón de longitudes nominales de 100 mm y 300 mm, usados como bloques de control del sistema NPL-TESA. Dado que las mediciones con el sistema Köster se realizan por método diferencial, es necesario contar con un bloque patrón de referencia. Tanto los bloques patrón de referencia como los bloques patrón bajo calibración se miden en el interferómetro NPL-TESA en forma absoluta. En este interferómetro, a diferencia del Kösters, los bloques se calibran dispuestos en forma vertical y adheridos a una platina de referencia, por lo que para el rango de 100 mm a 300 mm se debe considerar una corrección por compresión que en el caso del sistema Kösters no está presente.

Ambos interferómetros cuentan con sistemas de control de temperatura para la estabilización térmica de los bloques patrón. La calibración se realiza según los lineamientos establecidos en la norma ISO 3650. La determinación del desvío al centro se realiza, en ambos interferómetros, a partir del método de los

excedentes fraccionarios a partir de técnicas multispectrales. En el caso del interferómetro NPL-TESA este método se aplica a partir de un algoritmo comercial propio del sistema, en tanto que para el caso del sistema Köster se diseñó un algoritmo propio bajo entorno MatLab.

Resultados

El valor de referencia de la comparación interna se calculó a partir del promedio ponderado, es decir por el promedio de todas las mediciones ponderadas con las incertidumbres de medición correspondientes [1]. Para el caso de la comparación en 100 mm, además de los interferogramas obtenidos con lámpara de cadmio se han analizado patrones de interferencia con luz blanca. En la Figura 2 se muestran las desviaciones respecto al valor de referencia para 100 mm y en la Figura 3 para el caso de 300 mm. Las incertidumbres corresponden a un factor de cobertura de $k = 2$.

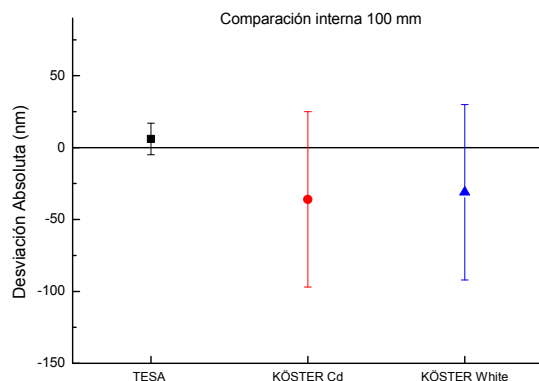


Figura 2: Desviación absoluta respecto del valor de referencia de la comparación interna para 100 mm.

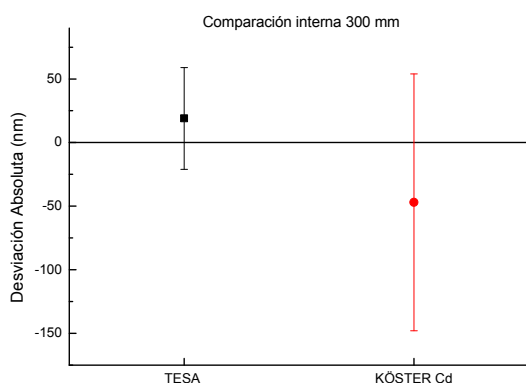


Figura 3: Desviación absoluta respecto del valor de referencia de la comparación interna para 300 mm.

La consistencia estadística de la comparación interna de los sistemas interferométricos fue analizada a partir de la relación de Birge, R_B , la cual compara la dispersión observada en los

resultados con la dispersión esperada a partir de las incertidumbres individuales consideradas [2]. Para un factor de cobertura de $k = 2$, los resultados en una comparación son consistentes si se cumple que para 2 participantes $R_B \leq 1,73$. Un valor mayor a 1,73 implica que la incertidumbre está subestimada. La Tabla 1 muestra la relación de Birge para los bloques patrón considerados en la comparación interna.

	Longitud nominal (mm)	R_B
A	100	0,59
B	300	0,47

Tabla 1: Relación de Birge para los resultados obtenidos

Conclusiones

El interferómetro de Kösters, para la calibración de bloques largos, ha sido puesto en marcha para mediciones por método diferencial con lámpara de cadmio. Los resultados de la comparación interna con un segundo interferómetro permitieron validar en forma satisfactoria las mediciones interferométricas con el sistema Kösters para 100 mm y 300 mm. También ha sido posible detectar un error sistemático en las mediciones con el interferómetro de Kösters por método diferencial. Este error sugiere, en principio, reevaluar el modelo matemático propuesto y recalibrar los sensores de temperatura y las longitudes de onda del cadmio.

Los resultados obtenidos son importantes en vista de la actualización del sistema Kösters que se tiene prevista. Dicha actualización incluye el reemplazo de la lámpara espectral por sistemas láseres trazables, lo que tendrá un impacto directo en la incertidumbre de medición y permitirá realizar mediciones en forma absoluta debido a la mejora de la longitud de coherencia de las fuentes. Por otro lado también se tiene previsto incorporar un sistema de adquisición y procesamiento de imágenes que permita la automatización del proceso de calibración.

Bibliografía

- [1] SIM Regional Key Comparison SIM.L-K1.2007. Calibration of Gauge Block by Optical Interferometry. July 2012.
- [2] Wengierow M. et al (2013) *Measurement system based on multi-wavelength interferometry for long gauge block calibration*. Metrology and Measurement System.