

DISEÑO ÓPTICO DE UN PATRÓN CUÁNTICO DE PRESION BASADO EN LA MEDIDA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE UN GAS

Sergio Moltó¹, Tomás Belenguer^{2,4}, María Ana Saenz-Nuño³, Carmen García-Izquierdo¹, Eusebio Bernabeu⁴

¹Centro Español de Metrología, Área de Masa y Magnitudes Mecánicas.

²Laboratorio de Investigación Espacial –LINES-, INTA

³Instituto de Investigación Tecnológica, Escuela Técnica Superior de Ingeniería-ICAI, Universidad Pontificia Comillas

⁴Universidad Complutense de Madrid.

¹Calle Alfar, 2. 28760 Tres Cantos, Madrid

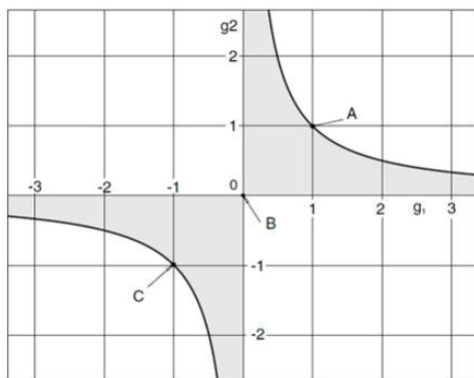
² Carretera Aljavar, km, 4. 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid

³Calle de Sta. Cruz de Marcenado, 26. 28015 Madrid

⁴Avda. Séneca, 2. Ciudad Universitaria 28040 Madrid

El proyecto EMPIR 18SIB04 Quantum Pascal trabaja en el desarrollo de un patrón de presión con soporte cuántico para mejorar la incertidumbre y la trazabilidad que ofrecen los métodos actuales. Este proyecto utiliza un interferómetro Fabry-Perot (FP) para la medida del índice de refracción de un gas que mediante las relaciones formales de Lorentz-Lorenz y de Clausius-Mossotti permite obtener el valor de la presión.

Debido al uso de dos interferómetros de FP idénticos como elementos base para un principio de medida diferencial el diseño debe responder a criterios de estabilidad en las configuraciones posibles para su selección de formateado básico. Estos criterios de estabilidad se analizan por el siguiente diagrama:



Donde $g_i = 1 - d/r_i$, en la que d representa la distancia entre espejos y r_i el radio de curvatura de los espejos de que lo constituyen. Teniendo en cuenta una distancia entre espejos de 100 mm se han realizado evaluaciones numéricas para el rango espectral libre, la fineza operativa aproximada y la exactitud estimada:

- Configuración FP con espejos plano paralelos: no estable mecánicamente para un tiempo superior a 20 minutos ya que se encuentra en el punto (1,1) del diagrama de configuraciones estables.

- Configuración confocal con espejos esféricos simétricos: se sitúa en el punto (0,0) del diagrama de configuraciones estables y ofrece un aumento del camino óptico de $4 \cdot n \cdot d$. Con esta configuración las aberraciones de punto son nulas. Además, dota al sistema de mayor estabilidad mecánica.
- Configuración confocal virtual: se sitúa en el punto (1/2,1) del diagrama de configuraciones estables. Uno de los espejos esféricos es real y el otro es un espejo plano situado justamente en el foco del espejo esférico. La confocalidad se establece entre los espejos: uno real y otro virtual. Con esta configuración se mantienen las propiedades de la configuración confocal –confocal virtual- pero con un aumento del camino óptico de $8 \cdot n \cdot d$.
- Configuración hemisférica de radio largo: se sitúa en el primer cuadrante del diagrama de configuraciones estables sin llegar al (1,1). Esta zona es de muy alta estabilidad ante todo tipo de perturbaciones mecánicas.

Se han realizado simulaciones del comportamiento de estas cavidades bajo presión, con el fin de encontrar cuál es la configuración conformacional con menor deformación y con menor deformación relativa normalizada en presión así como permitir la selección de los materiales ópticos y su dimensionado.

Finalmente, se ha realizado un análisis óptico por trazado de rayos para conseguir el mejor diseño posible recurriendo a la minimización de la aberración esférica por el diseño optimizado de las lentes colimadora/colectora de las configuraciones ópticas seleccionadas previamente. Con criterio de unicidad se ha optado por imponer un formato único para la lente colimadora/colectora para las dos configuraciones finales: confocal y confocal virtual.