

## **GRUPO DE INGENIERÍA FOTÓNICA: RESULTADOS MÁS SIGNIFICATIVOS DE SUS LINEAS DE I+D EN CURSO**

J.M. López-Higuera, A. Cobo, O.M. Conde, M. Lomer, F.J. Madruga, M. A. Quintela, C. Jáuregui, A. Quintela, D.A. González, J. Echevarría y J. Mirapeix.

Grupo de Ingeniería Fotónica - Universidad de Cantabria  
E.T.S.I.I. y Telecomunicación. Avda. de los Castros s/n 39005 Santander  
Tlfn: 942 201498 Fax 942 200877  
[higuera@teisa.unican.es](mailto:higuera@teisa.unican.es)

### **1. Introducción**

El Grupo de Ingeniería Fotónica de la Universidad de Cantabria se caracteriza por focalizar sus esfuerzos investigadores en la resolución de problemáticas no resueltas o insuficientemente solventadas. Para ello, utiliza conceptos, técnicas y tecnologías fotónicas que se combinan y fusionan con las propias de las disciplinas y campos de conocimiento involucrados. En esta comunicación se presentarán los principales logros conseguidos por el Grupo de Ingeniería Fotónica en algunas de las líneas de I+D en curso como son la tecnología de redes de difracción en fibras ópticas, la detección y medida de gases, la medida de altas temperaturas, la medida de procesos de soldadura láser y la fabricación de dispositivos activos en fibra óptica.

### **2. Tecnologías de Redes de Difracción de Bragg en Fibra Óptica**

En los últimos años se ha desarrollado una intensa actividad en esta tecnología. Los trabajos comprenden desde el modelado teórico de las estructuras y su validación experimental utilizando las instalaciones propias del Grupo de Ingeniería Fotónica, el desarrollo de dispositivos comunes y novedosos (transductores y esquemas de interrogación), y el diseño e instalación de sistemas de monitorización en estructuras de ingeniería civil. Por un lado, se han desarrollado varios modelos para diseñar y analizar redes de difracción de periodo corto y largo [1] que se han fabricado y caracterizado experimentalmente [2]. Asimismo, se han desarrollado técnicas novedosas de discriminación entre elongación y temperatura [3]. Dentro de los dispositivos y subsistemas, se han desarrollado varios tipos de transductores basados en redes de difracción en fibra capaces de monitorizar el estado de infraestructuras de obra civil tanto para ver la deformación de vigas metálicas pegándolos a la estructura [4], como de estructuras de hormigón [5] embebiéndolos en las mismas. Parejo a estas tareas, se han desarrollado diferentes técnicas de interrogación de dichos transductores [6]-[9] estando una de ellas pendiente de patente. En el apartado de pruebas de campo, y como ejemplo de aplicación práctica y comercial de los desarrollos realizados, se han instalado diferentes sistemas sensores multiplexados en algunos de los puentes de la Autovía del Cantábrico. El comportamiento del sistema ha sido contrastado realizando las denominadas “pruebas de carga” [10].

### **3. Gases**

En este sector, la actividad ha estado centrada en el diseño de transductores ópticos, conocidos también como celdas de gases, capaces de optimizar la sensibilidad en la detección del gas. La figura 1 presenta dos de las configuraciones propuestas dentro de esta línea de

trabajo. La celda de 4 pasos [11] consiste en una configuración reflexiva formada por un sistema óptico conjugado entre la ferrule metalizada y el espejo del extremo de la celda. Se consigue una longitud de camino óptico cuatro veces superior a la longitud física de la celda. La celda multicamino [12], basada en una estructura cilíndrica, alcanza un camino óptico cercano a los 3 metros con una celda de diámetro 20 cms. Además, se está trabajando en el desarrollo de una herramienta software capaz de analizar celdas multipaso genéricas [13]. Esta herramienta calcula el trazado de rayos existente en una estructura donde los espejos están modelados por superficies completamente arbitrarias modeladas por superficies paramétricas.

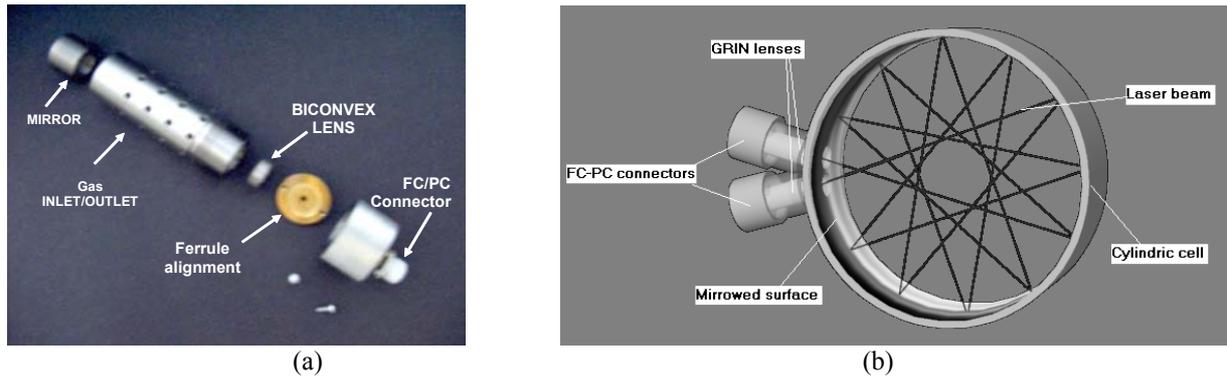


Figura 1. Celdas de gases: a) Cuatro pasos, b) Multicamino.

#### 4. Altas Temperaturas

Dentro de este campo de aplicación se ha trabajado desarrollando sistemas que contribuyen a realizar el control de calidad en el sector de la fabricación de barras de acero y en el de la industria de componentes nucleares. El mecanismo de detección está basado en la medida, sin contacto, de la radiación térmica emitida por las barras de acero [14] y su procesamiento mediante una unidad opto-electrónica dedicada, figura 2. En lo que respecta a la industria nuclear, se ha trabajado con técnicas de termografía infrarroja para monitorizar el proceso de enfriamiento de las vasijas de desechos radioactivos.



Figura 2. Unidad opto-electrónica del sistema sensor de temperatura.

#### 5. Procesos de Soldadura Láser

Estos procesos, debido a su velocidad y capacidad de automatización, cobran cada vez más importancia dentro de la industria aeroespacial. En la actualidad, se trabaja en el desarrollo de un sistema sensor óptico compuesto por la óptica de captación de luz, la fibra óptica y la unidad opto-electrónica, figura 4, capaz de traducir la señal óptica recibida del proceso de soldadura en una señal eléctrica que sirve para controlar la posición focal del láser y así optimizar el proceso de soldadura [15].



Figura 3. Unidad opto-electrónica para el control de error de foco en procesos de soldadura industrial.

## 6. Dispositivos Activos en Fibra Óptica

El Grupo de Ingeniería Fotónica también trabaja en el análisis y diseño de láseres con redes de difracción de Bragg grabadas sobre fibra óptica dopada con tierras raras. Estos dispositivos son una clara alternativa a los láseres de semiconductor para su empleo tanto en sistemas de comunicaciones como en sistemas sensores. En esta línea, se ha desarrollado un modelo matricial basado en teoría de acoplo de modos capaz de analizar láseres de fibra DFB tanto apodizados como chirpeados [16]. El modelo matricial 4x4 desarrollado también es capaz de tener en cuenta las perturbaciones externas a las que pueden estar sometidas estas estructuras tales como presión, temperatura, elongación, etc. Como figura de mérito, este mismo modelo puede ser aplicado al estudio de redes de difracción de Bragg activas birrefringentes para estudiar la competición del modo de polarización en láseres DFB que presenten birrefringencia intrínseca y/o extrínseca.

## Bibliografía

- [1] D.A. González *et al.*, Measurement Science and Technology, Vol. 12, nº 7, pp. 786-792, July 2001.
- [2] C. Jáuregui *et al.*, OFS 2002, pp.159-162, Portland, May 2002.
- [3] J. Echevarría *et al.*, Photonics Technology Letters, vol. 13, Nº 7, pp. 696-698, 2000.
- [4] J. Echevarría *et al.*, Smart Sensor Technology and Measurement Systems, pp.271-276, San Diego, California, 17-21 March 2002.
- [5] A.Quintela, *et al.*, Journal of Optics A: Pure and Applied Optics, 4, pp. S387-S390, 2002.
- [6] C. Jauregui *et al.*, International Conference on Trends in Optical Nondestructive Testing, pp.493-497, Lugano, Switzerland, 2000.
- [7] C. Jauregui, *et al.*, Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 6, Nº 5, pp. 750-755, 2000.
- [8] C. Jáuregui *et al.*, Journal of Lightwave Technology, vol. 19, Nº 5, pp. 673-681, 2000.
- [9] J.M. López-Higuera *et al.*, “Dispositivo de interrogación de transductores fotónicos basado en la medida del campo cercano de una red de difracción inclinada en guía de onda óptica”, pendiente de patente.
- [10] J.M López-Higuera *et al.*, PLAN Conference, p. 275, Santander, Spain, 1-2 October 2001.
- [11] O.M. Conde, S.García *et al.*, SPIE International Symposium on Environmental and Industrial Sensing: Fiber Optic Sensor Technology and Applications 2001, pp.283-290, November 2001.
- [12] O.M. Conde *et al.*, SPIE International Symposium on Environmental and Industrial Sensing: Fiber Optic Sensor Technology and Applications 2001, pp.434-441, November 2001.
- [13] O.M. Conde *et al.*, Microwave and Optical Technology Letters, Vol.337, No.5, pp.383-387, June 2003.
- [14] F.J. Madruga *et al.*, OFS'2002, 15th International Conference on optical Fiber Sensors, 15th Optical Fiber Sensors Conference Technical Digest, pp.483-486, Portland (USA), May 2002.
- [15] F. Bardin *et al.*, ICALEO, pp. 1-10, Scottsdale, USA, 14-17 Oct. 2002.
- [16] M. A. Quintela *et al.*, LEOS' 2000, pp.543-544.

## Agradecimientos

Los trabajos presentados en esta comunicación fueron en parte financiados por la Unión Europea a través de los proyectos FEDER SISFOCDTIC (1FD97-0775), SOGAM (1FD97-2257) y SOTEPAC (1FD97-1996) y por el Ministerio Español de Ciencia y Tecnología a través de los proyectos SuGAROS (TIC-2001-0877-C02-01) y EOAMOP (TIC2002-01259).