

Sensor de fibra óptica para la medida remota y automatizada de concentraciones de gas metano en aire

M.A. Morante, G. Stewart, B. Culshaw*, J. M. López-Higuera*

Grupo de Ingeniería Fotónica - Universidad de Cantabria, Avda. Castros s/n, Santander 39005

*Optoelectronics Division-University of Strathclyde, 204 George St., Glasgow G1 1XW (UK)

e-mail: morante@teisa.unican.es

Abstract

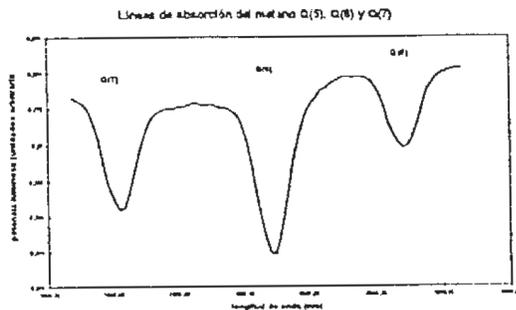
Se presenta un sistema sensor de fibra óptica dedicado a detectar pequeñas concentraciones de gas metano en aire, significativamente menores que su nivel explosivo inferior. Su principal ventaja con respecto a los sensores de gas convencionales radica en el carácter de sensado remoto y multipunto, y la selectividad del gas que aporta la fuente láser empleada. Tiene aplicaciones en la minería, en la industria química y en el sector energético.

Resumen

El sensado de gases y sustancias contaminantes ha adquirido relevancia en los últimos años debido a la cada vez mayor sensibilización de la sociedad con respecto a cuestiones medioambientales. Es por ello que se requieren cada vez más y mejores sistemas de detección de un gran número de especies gaseosas. Los sistemas sensores de fibra óptica ofrecen ventajas en este campo, especialmente en la detección de gases combustibles en áreas eléctricamente peligrosas. Ello es posible gracias a que la cabeza transductora y el canal de transmisión se realiza con materiales dieléctricos, teniendo la parte de generación, detección y procesado de señal situada a distancia del punto de medida, lo que elimina el riesgo de explosión.

Dado que el metano es un gas inflamable, explosivo, y un constituyente importante del gas natural, el monitorizado de metano es fundamental para la seguridad de industrias químicas, plantas de generación y distribución de gas, y minas. Los sensores de gas convencionales, tales como los detectores de ionización de llama y los electroquímicos, no son capaces de detectar a distancia y no pueden distinguir el metano de otras especies químicas. Los requerimientos de sensado remoto y selectividad de gases se consiguen haciendo uso del carácter sintonizable y monocromático de los láseres de semiconductor, por una parte, y de las características de guiado de luz de las fibras ópticas, por otra. Además, el uso de la fibra óptica facilita el desarrollo de un sistema de detección multipunto y simultáneo que comparta la fuente de radiación luminosa - el componente más caro del sistema -, lo que permite conseguir un coste reducido, por punto de medida, en grandes instalaciones donde es necesario monitorizar muchos puntos en tiempo real.

La detección de gases mediante medios ópticos se basa en la atenuación experimentada por una radiación óptica debida a absorción molecular. Para ello es necesario que la señal electromagnética emitida esté en sintonía con una transición molecular de la sustancia en cuestión o uno de sus sobretonos. De esta forma, parte de la energía de la radiación óptica se emplea en realizar movimientos moleculares en el gas, y la cantidad absorbida es proporcional a la concentración del mismo. El metano tiene bandas vibracionales fuertes en 3.3 μm y 7.7 μm , pero no existen diodos láser que operen a longitudes de onda mayores de 2 μm a temperatura ambiente. La banda de absorción del metano más fuerte por debajo de 2 μm es la banda $2\nu_3$, centrada en 1665 nm, que es la que se ha utilizado en este trabajo.



Las técnicas espectroscópicas para detección de gases utilizadas en la actualidad emplean diferentes métodos de modulación en frecuencia [1]. Las mayores sensibilidades se consiguen con frecuencias de modulación del orden de los GHz (tanto con uno como con dos tonos), pero requieren complejos esquemas de recuperación de la señal [2]. El mecanismo utilizado en este trabajo hace uso de una modulación de baja frecuencia y un sencillo esquema de detección y procesado de

señal. Variando la corriente de inyección del láser se modula la frecuencia óptica de emisión del mismo en torno a la línea de absorción interrogada. La absorción molecular convierte la modulación en frecuencia en modulación en amplitud, de modo que la señal de absorción se recupera mediante métodos de demodulación lock-in estandar a la frecuencia de modulación o uno de sus armónicos. Un simple procesado digital de esta señal proporciona el valor de la concentración de metano en aire encontrada en el punto de medida.

El sistema esta compuesto básicamente por una parte de generación de la señal óptica de interrogación, un célula sensora conectorizada mediante fibra óptica y una etapa de detección y procesado de la señal. La fuente óptica es un láser de semiconductor sintonizable en longitud de onda mediante variaciones de temperatura y corriente de inyección, en torno a la línea de absorción del metano elegida. La célula sensora consta de fibras ópticas y lentes para la emisión y posterior recepción de un haz de luz colimado. El procesado final de la señal busca la máxima absorción y su escalado para hacerlo independiente de la potencia óptica recibida. El sistema sensor desarrollado, proporciona una medida cada segundo y es capaz de detectar concentraciones menores del 1% del nivel explosivo inferior del metano, lo cual permite monitorizar la posible presencia de este gas en tiempo real y con un gran rango de seguridad en instalaciones que así lo requieran.

En resumen, se ha desarrollado un sistema sensor de fibra óptica para la medida en tiempo real de concentraciones de metano, que tiene potenciales aplicaciones en minas de carbón, en instalaciones de generación y distribución de gas natural, y en la industria de los combustibles e hidrocarburos, entre otras.

Referencias :

- [1] J. A. Silver, "Frequency modulation spectroscopy for trace species detection: theory and comparison among experimental methods", *Appl. Opt.* 31(6), 707-717 (1992).
- [2] V. G. Avetisov and P. Kauranen, "Two-tone frequency modulation spectroscopy for quantitative measurements of gaseous species: theoretical, numerical, and experimental investigation of line shapes", *Appl. Opt.* 35(24), 4705-4723 (1996).

Agradecimientos

Este trabajo se realizo principalmente durante la estancia del primer autor en la Universidad de Strathclyde, Glasgow (Reino Unido), que fue financiada por el M.E.C. español a través del programa de becas de Formación de Personal Universitario e Investigado, y, en menor medida, por el proyecto TIC95- C0631-C04-C01. Asimismo, en la investigación se emplearon recursos aportados por el proyecto OMEGA del Programa Fotónico LINK del Gobierno Británico.