

# Diseño de policromador MEMS

Para un sistema de detección de gases

Lautaro Martín, Walter J. Aróztegui, José A. Rapallini, Antonio A. Quijano

Centro de Técnicas Analógico-Digitales (CeTAD)

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

La Plata, Argentina

[lautaromtin@gmail.com](mailto:lautaromtin@gmail.com), [walter.aroztegui@gmail.com](mailto:walter.aroztegui@gmail.com), [jorap@gmail.com](mailto:jorap@gmail.com), [adrian.quijano@gmail.com](mailto:adrian.quijano@gmail.com)

**Resumen**—Este es un proyecto para la realización de un sistema de medición de gases, combinando métodos tradicionales con nuevas tecnologías. Se propone el mejoramiento de la técnica con la utilización de tecnología MEMS.

**Palabras clave**—MEMS; Policromador; Redes de Difracción; Detección de gases.

## I. INTRODUCCIÓN

Ante el problema de la identificación de gases presentes en un ambiente determinado, se necesita de un sistema capaz de detectar la mayor cantidad posible de gases, de forma práctica, rápida y segura, de la manera más transparente para garantizar una buena calidad de aire.

Para tal caso, utilizaremos una técnica conocida como correlación espectroscópica, cuyo principio de funcionamiento se basa en la propiedad de los gases de absorber ciertas franjas del espectro infrarrojo que lo atraviesan. Las franjas de absorción son únicas para cada gas, y permiten diferenciarlo del resto.

Tradicionalmente esta técnica utiliza una muestra de gas (confinado en un recipiente), y un recipiente vacío. Posteriormente veremos que estos dos elementos los reemplazaremos por nuestro dispositivo que llamaremos policromador.

La técnica consiste en hacer pasar un haz infrarrojo a través del recipiente vacío y otro haz, de las mismas características que el anterior, por la muestra de gas conocida. Luego, se hacen pasar estos rayos alternativamente por una muestra de gas desconocida, y posteriormente se detecta la intensidad de luz a la salida (se normaliza con respecto a la intensidad de luz sin la muestra interpuesta). El detector arrojará a la salida una intensidad dada. La concentración del gas presente en el recipiente de la muestra será función de la intensidad medida.

Lo expuesto anteriormente, implica tener una muestra gas de cada especie que estamos interesados en detectar, esto puede ser poco práctico, además hay gases que pueden ser tóxicos o explosivos.

Para evitar estos inconvenientes podemos reemplazar la muestra de gas y el recipiente vacío por un policromador.

## II. POLICROMADOR

El policromador (fig. 1) es un dispositivo MEMS, formado por una red de difracción programable, y cada cinta (flat micromirror) de la misma conmuta por acción electrostática; dada la configuración específica que tengan estas cintas, se presenta una determinada transferencia óptica a la salida.

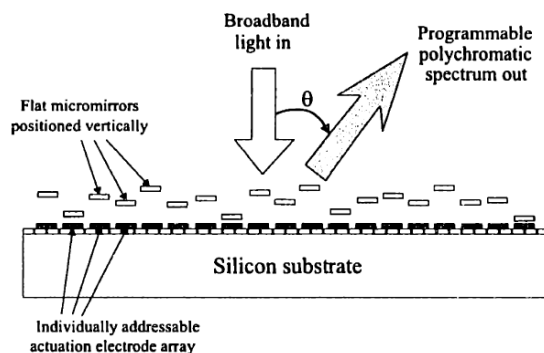


Fig. 1 El policromador difracta cada longitud de onda en un ángulo  $\theta$  determinado en función de la posición vertical de las cintas (flat micromirrors).

Se programa el dispositivo para que conmute entre dos estados diferentes. Uno es la transferencia óptica complementaria a la transferencia del gas que queremos detectar, la otra transferencia a programar es tal, que el área bajo la curva de transferencia sea igual a la primera, pero distribuida en otras longitudes de onda.

La fig. 2 muestra dos transferencias, la de línea llena es la función transferencia complementaria a la absorción del espectro del  $\text{CO}_2$ , y la de línea punteada es una transferencia de igual área pero distribuida en dos bandas distintas del espectro.

Como se mencionó con anterioridad el policromador reemplaza la muestra de gas y el recipiente vacío, y en la fig. 3 se ve un esquema sencillo de la disposición del sistema de medición.

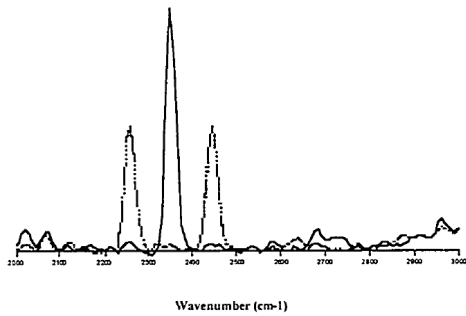


Fig. 2 Función de transferencia complementaria a la absorción del CO<sub>2</sub> (línea llena) y función de área equivalente pero distribuida en otra región del espectro (línea punteada).

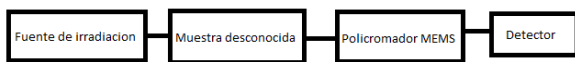
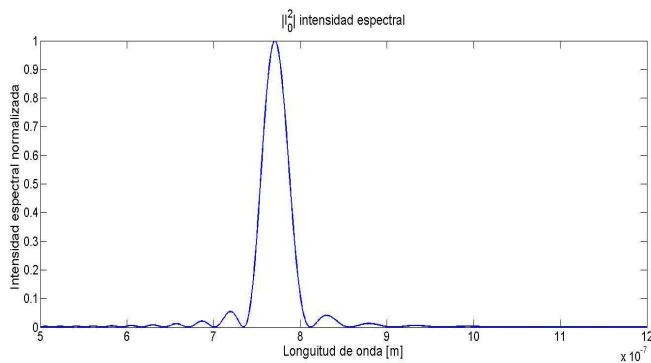


Fig. 3 Esquema sencillo del sistema de medición.

La fuente de irradiación y el detector son dispositivos que trabajan en el espectro infrarrojo.

La fuente debe abarcar todo el ancho de banda que intervenga en las funciones de transferencia programadas en el policromador. El detector estará ubicado a un ángulo  $\theta$  con respecto a la normal al policromador de forma que solo detecte la radiación en ese ángulo determinado.

Para un diseño adecuado del policromador es necesario determinar sobre que banda específica del espectro debe actuar, la resolución adecuada, su geometría, y las frecuencias de conmutación, entre otros parámetros a tener en cuenta.



4(a)

En la fig. 4 se ve como afecta la cantidad de cintas en la resolución final del policromador para la transferencia de una longitud de onda determinada; en el primer caso (a) se utilizan 40 cintas en paralelo, en el segundo caso (b) el número de cintas se reduce a 10.

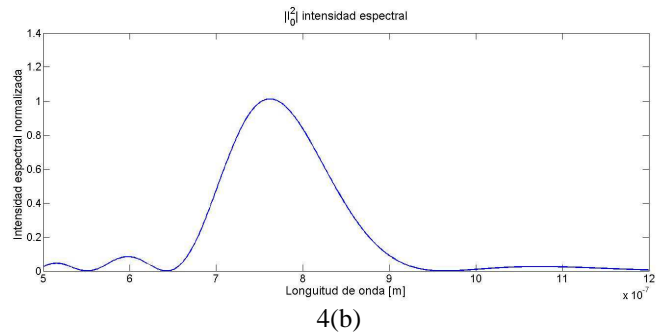


Fig. 4 Transferencias programadas para filtrar la misma longitud de onda con dos resoluciones distintas. 40 cintas (4a) y 10 cintas (4b)

### III. SIMULACIÓN Y FABRICACIÓN

Todo lo anterior nos permitirá hacer un diseño que cumpla con nuestros requerimientos. Por la complejidad de la predicción del comportamiento del dispositivo es necesaria una simulación detallada del mismo en un software adecuado para esta tarea. La fig. 5 muestra el resultado de una simulación de una red de difracción con conmutadores MEMS.

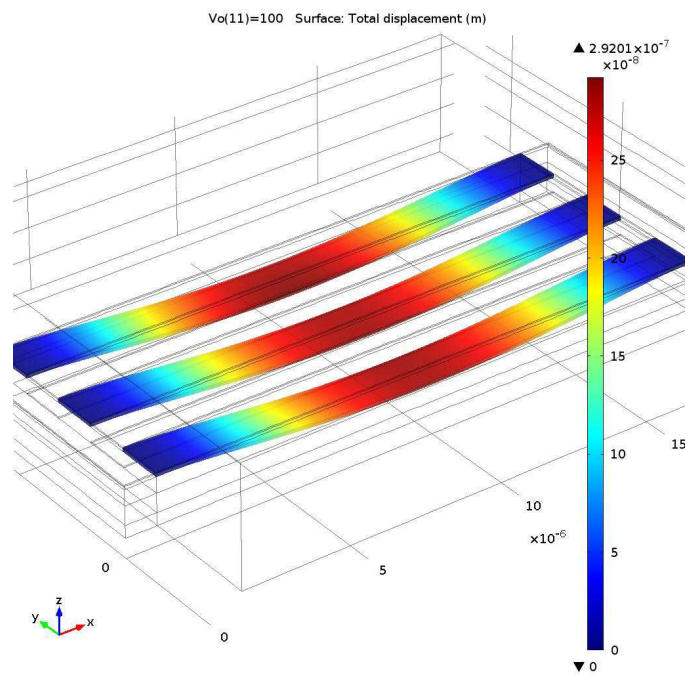


Fig. 5 Simulación de red de difracción con conmutadores MEMS para predecir el desplazamiento en el eje z por la aplicación de un voltaje de 100 [V].

En una etapa posterior se tendrá que hacer el modelado en capas para poder fabricar el dispositivo. Nuevamente, será fundamental la utilización del software adecuado para dicha tarea. Este tipo de dispositivo MEMS se adapta con facilidad a las técnicas de fabricación CMOS.

#### IV. ETAPA DE CONTROL

El policromador es controlado por tensiones entre 0 y 100 [V] aproximadamente, sujeto a las limitaciones propias de la tecnología que se use en su fabricación, y el diseño del conexionado tiene que ser detallado por la complejidad y el tamaño del sistema.

Por último, es necesario el diseño del sistema electrónico para controlar este dispositivo.

Hay que ejercer el control individual de cada cinta mediante una tensión aplicada en cada terminal de dichas cintas. Dicha tensión depende de la transferencia óptica buscada, por lo cual debemos almacenar esta información en una memoria que relacione cada transferencia con las tensiones para cada terminal del policromador. La acción de control la puede llevar a cabo un microcontrolador, siendo el encargado de manejar la tensión en cada terminal de la red.

El usuario tiene que acceder al control del dispositivo para poder elegir el tipo de gas a detectar, así como comienzo y fin de la medición, entre otras posibles operaciones. Además es necesario algún tipo de realimentación para el usuario que le permita saber en qué estado está el dispositivo. La fig. 6 muestra un esquema posible para el sistema de control del policromador.

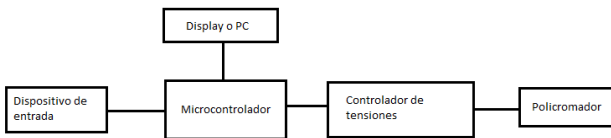


Fig. 6 Esquema de control del policromador.

#### Ejemplo de medición de CO<sub>2</sub>

Gas a detectar: CO<sub>2</sub>  
Banda de absorción: 2350 cm<sup>-1</sup>  
Longitud de onda: 4255 nm

El policromador deberá generar una transferencia complementaria a la banda de absorción del CO<sub>2</sub> y una transferencia de igual intensidad que la primera pero fuera de la banda de la misma como muestra la fig. 2.

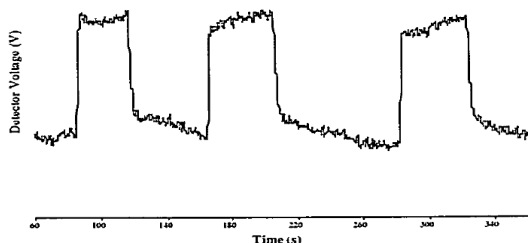


Fig. 7 Tensión a la salida del detector.

El dispositivo conmuta con una frecuencia de 2KHz en este caso, el detector a la salida arroja el siguiente resultado (fig. 7).

El gráfico de la fig. 7 muestra como varía la tensión del detector: cuando la tensión es alta, coincide en el momento que está la muestra de un gas cualquiera en el dispositivo (ya que no hay bandas absorbidas por el gas); cuando la tensión baja, es en el momento en que se reemplaza la muestra por el CO<sub>2</sub> (ya que la mitad de la intensidad es absorbida por el gas).

#### Referencias

- [1] Method and apparatus for modulating a light beam, David M. Bloom, Francisco S. A. Sandejas, Olav Salgaard. (Mayo 1994).
- [2] Grating Light Valve Technology: Update and Novel Applications, D. T. Amm, R. W. Corrigan, Silicon Light Machines, Sunnyvale, CA. (1998).
- [3] MEMS for Optical Functionality, S.-G. Kim, G. Barbastathis and H. L. Tuller. (2004).
- [4] Micro Machined Non-Linear Wavelength Filters for Image Acquisition, S. Perumal Sankar, Dr.S. Sundaravadivelu. (Enero 2007)
- [5] The polychromator: A programmable MEMS diffraction grating for synthetic spectra, G.B. Hocker, D. Youngner, M. Butler, M. Sinclair, T. Plowman, E. Deutsch, A. Volpicelli, S. Senturin, A. J. Ricco. (Junio 2000).
- [6] Positioning, Control, and Dynamics of Electrostatic Actuators for Use in Optical and RF Systems, Elmer S. Hung. (Diciembre 1998).