

Sensores Piroeléctricos

Antes de comenzar a ver que es un sensor piroeléctrico y su funcionamiento, deberíamos tratar de entender el concepto de piroelectricidad.

¿Qué es la piroelectricidad?

La piroelectricidad es la propiedad que presentan ciertos materiales que sometidos a cambios de temperatura experimentan cambios en la polarización eléctrica, por lo que dichos cambios de temperatura inducen un campo eléctrico en el interior del material, causado por movimiento de cargas positivas y negativas en los extremos opuestos de la superficie. Esto tiene numerosas aplicaciones prácticas, como por ejemplo la construcción de termómetros electrónicos.

Este tipo de fenómenos ocurre en materiales dieléctricos que tienen polarizaciones espontáneas producidas por dipolos orientados.

La piroelectricidad está estrechamente relacionada con la piezoelectricidad, de tal modo que todos los materiales piroeléctricos son también piezoeléctricos.

Descubrimiento

En 1824, el científico y naturalista escocés sir David Brewster (1781-1868) demostró efectos piezoeléctricos utilizando sal de la Rochelle,¹ decidiendo nombrar el efecto piroelectricidad.

El efecto piroeléctrico se descubrió luego en minerales como cuarzo y turmalina y otros cristales iónicos. Se desarrolla en las caras opuestas de cristales asimétricos. La dirección de propagación suele ser constante a lo largo de un material piroeléctrico, aunque la puede modificar un campo eléctrico cercano.

El material cristalino que constituye un sensor piroeléctrico genera una pequeña carga eléctrica cuando está expuesto a calor en modalidad de radiación infrarroja. El cristal cambia si la cantidad de radiación es notable, y también varía la carga. Entonces se puede

medir con un dispositivo FET (siglas en inglés): transistor de efecto de campo, construido dentro del sensor. Son más rápidos que los termopares.

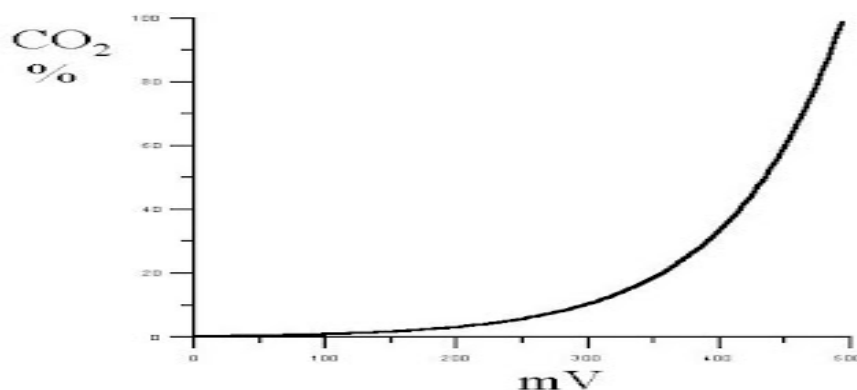
Funcionamiento de los sensores piroeléctricos

Los sensores piroeléctricos se construyen mediante un elemento semiconductor, en el cual se produce un desplazamiento de cargas cuando sobre él incide radiación infrarroja. Sin embargo en poco tiempo el sensor vuelve a su condición de equilibrio. Por este motivo es sólo sensible a cambios en la intensidad de la radiación infrarroja. La utilización práctica se hace interrumpiendo el haz infrarrojo mediante un dispositivo mecánico o bien utilizando una fuente intermitente. En este caso se utiliza una lámpara de incandescencia que se ilumina durante dos segundos cada dos segundos. El periodo de encendido y apagado de la lámpara depende de las características del sensor y lámpara utilizados.

El mejor rendimiento se consigue ajustando el periodo hasta lograr la máxima diferencia entre el máximo y el mínimo. La diferencia entre el máximo y el mínimo es proporcional a la intensidad de la radiación recibida. Para la medida del CO₂ deberá utilizarse un sensor piroeléctrico que posea un filtro pasa banda centrado en la longitud de onda de absorción de 4,3 μm . En este caso, cuando no hay CO₂ en el sistema se obtiene el máximo voltaje (V_0) a la salida del sistema. La presencia de CO₂ absorberá parte de radiación infrarroja y la señal será un valor menor V . Para un haz lineal que atraviesa una longitud x , la intensidad I recibida responde a la ley de atenuación de Beer-Lambert

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

Siendo I_0 la intensidad recibida sin absorción (en el vacío). En la práctica el comportamiento del sensor difiere de este modelo debido a que el haz infrarrojo utilizado no se puede considerar lineal, sino que es la superposición de muchos caminos con múltiples reflexiones en las paredes de la cámara.



Respuesta de un medidor de CO₂ que utiliza un sensor piroeléctrico con filtro centrado en 4.3 mm. Obsérvese que a bajas concentraciones es donde el sistema plantea mayores problemas de calibración y compensación por temperatura.

La relación entre el contenido en CO₂ dado como presión parcial y la señal proporcionada por el sensor se obtiene mediante una calibración, respondiendo a una función del tipo:

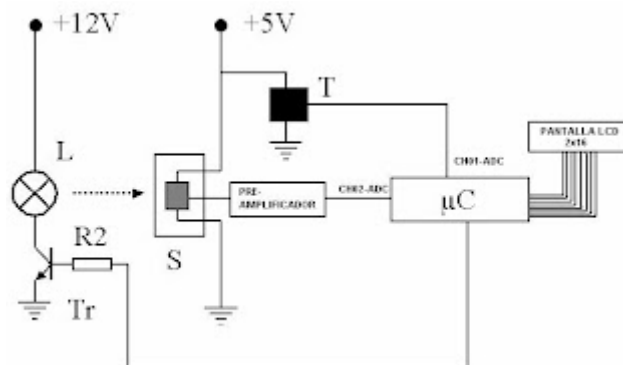
$$p_{CO_2} = a e^{b(I_0 - I)}$$

donde a y b son dos constantes determinadas experimentalmente. I_0 es la intensidad sin gas (se puede obtener haciendo el vacío en la cámara) e I la intensidad obtenida en la medida del gas. El problema radica en que la determinación de I se realiza a partir de un voltaje proporcionado por el sensor en la forma:

$$I = K V$$

K varía fuertemente con la temperatura (.2%/°C). Por este motivo hay que disponer un termómetro muy próximo al sensor piroeléctrico y poder corregir por temperatura. Como ejemplo del orden de magnitud de las constantes mostramos una función de calibración a 25°C

$$CO_2 = 0.003350 \cdot 10^{0.0050089 \cdot V}$$

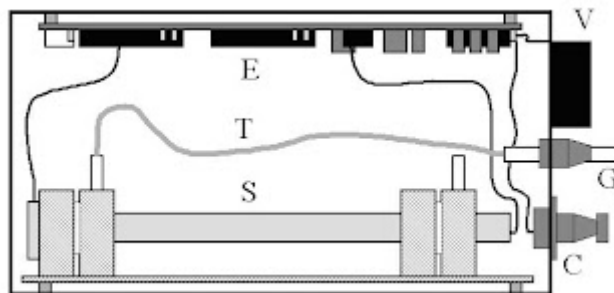


Electrónica asociada al sensor de CO₂ por absorción de infrarrojos: S sensor piroeléctrico con ventana dotada de filtro a 4.3 mm., T sensor de temperatura, mC microcontrolador, Tr transistor, R2 resistencia para limitación de corriente. L lámpara.

Electrónica

Electrónica

La electrónica asociada es muy simple si se utilizan conversores de alta resolución, alta impedancia de entrada y que incorporen ya un filtro pasa bajos. De esta forma es posible conectar directamente los sensores piroeléctrico y de temperatura a la entrada del conversor. Así se requiere sólo un microcontrolador, que es el encargado de gestionar todo el sistema, un conversor analógico digital para el sensor piroeléctrico y otro para el termómetro. Además, se deberá incluir un transistor para el encendido periódico de la lámpara fuente de infrarrojos, una resistencia serie para limitar la corriente en la base del transistor y otra para cargar adecuadamente la salida del sensor piroeléctrico. Es conveniente utilizar un transistor MOS como el IFR630 para controlar el encendido de la lámpara. Como sensor de temperatura se puede utilizar un LM35C que da directamente la salida en grados centígrados con un factor de escala de 10mV/°C. El microcontrolador es un PIC16F877A, que al ser de tecnología flash puede re-programarse fácilmente e incluir los parámetros de calibración directamente en memoria. Además se requiere un sistema de alimentación que proporcione 5V para la electrónica y 12V para la lámpara. El sistema proporciona directamente una salida RS232 para la conexión a la unidad de adquisición de datos.



Todo el sistema se monta dentro de una caja moderadamente impermeable (IP65) en uno de cuyos laterales se dispone el tubo para la entrada del gas (G), el conector para la salida de los datos, entrada de las señales de control y la alimentación (C). Además se incorpora un pequeño ventilador para obligar al gas a circular por la cámara y extraer el calor disipado en los componentes electrónicos y especialmente por la lámpara. El sensor (S) se coloca en uno de los laterales y la electrónica (E) en el otro.

El microprocesador proporciona una salida serie compatible RS232 a 9600 baudios, 8 bits, sin paridad después de cada ciclo de medida. De esta forma es fácil conectar el sensor a cualquier sistema de adquisición de datos. El sistema transmite directamente las lecturas del conversor analógico digital, en formato binario. De esta forma se reduce el tráfico de datos, se simplifica la operación del sistema de adquisición de datos y los factores de calibración se aplican posteriormente, lo que permite conservar los datos originales sin manipulación. El formato de cada ráfaga es el siguiente

Byte	Contenido	Descripción
1	0x0D	Sincronismo
2	G1	ADC gas Byte bajo
3	G2	ADC gas Byte alto
4	T1	Temperatura Byte bajo
5	T2	Temperatura Byte alto

El contenido en CO₂ y la temperatura se obtienen aplicando las correspondientes fórmulas de traducción.

$$CO_2 = a \cdot 10^{-b V_g}$$

$$T = K t V_t$$

siendo V_g la salida del conversor analógico digital para la medida del gas. V_t es la salida para el conversor para la medida de la temperatura. En general, estos sistemas funcionan conectados a un módulo de adquisición de datos o a un enlace telemétrico lento, a un dato por hora o incluso menos. No siendo rentable utilizar un Pc para estas funciones, especialmente por el elevado consumo en corriente que requieren.