

Importancia de los sensores de GAS para garantizar ambientes libres de compuestos orgánicos volátiles

Primavera **Argüelles-Lucho**
Leandro **García-González**
Francisco **López Huerta**

Los compuestos orgánicos volátiles son compuestos químicos que contienen carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y azufre (Geissman, 1973), los cuales se evaporan a temperaturas por arriba de 0° C hasta 100° C convirtiéndose en gases que afectan la pureza del aire (Salthammer, 2016). En el año 2017 se generaron 12 millones de toneladas anuales de emisiones de compuestos orgánicos volátiles en México, el 64 % provienen de la vegetación, en tanto que el 36 % es de origen antropogénico (producido por la actividad humana: por ejemplo, vapor de agua, dióxido de carbón, acetona, benceno) (Hernández, 2017) (ver Figura 1).

Algunos compuestos orgánicos volátiles tienen olores agradables; otros son inodoros, lo que dificulta su detección; al inhalarlos causan irritación de ojos, enfermedades en vías respiratorias, dolor de cabeza y, en altas concentraciones, cáncer, asfixia y muerte (Hernández, 2017).

El cáncer pulmonar se encuentra entre los cinco tipos de cáncer con más fallecimientos a nivel mundial (Organización Mundial de Salud, 2018). La Organización Mundial de Salud creó el plan de acción mundial para la prevención y el control de las enfermedades no



Figura 1. Principales fuentes de compuestos orgánicos volátiles.

transmisibles 2013-2020, donde se plantea reducir al 25 % la mortandad de enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cáncer y diabetes; uno de sus objetivos es crear ambientes limpios de compuestos orgánicos volátiles (World Health Organization –WHO–, 2016). Para esto es necesario contar con sensores de gas que puedan detectar la presencia de compuestos orgánicos volátiles. Estos sensores pueden ser electroquímicos, ópticos, piezoeléctricos o de estado sólido como transistores de efecto de campo. Los sensores basados en transistores de efecto de campo y piezoeléctricos pueden ser recubiertos por películas semiconductoras de óxidos metálicos como óxido de titanio (TiO_2), óxido de zinc (ZnO), óxido de estaño (SnO_2), óxido de indio (In_2O_3) y óxido de wolframio (WO_3), haciéndolos más sensibles a los compuestos orgánicos volátiles (Deng, 2019).

Los sensores piezoeléctricos, miden el cambio de masa, produciendo una modificación en la frecuencia de resonancia del sensor e indicando la detección de algún gas; en la clasificación de sensores piezoeléctricos se encuentran los Sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS) y la Microbalanza de Cristal de Cuarzo (QMC) (Arellano y cols., 2018). Para obtener una mejor sensibilidad se debe depositar una película semiconductor basada en óxidos metálicos, que sea sensible al gas que se desea detectar. Los Sistemas MEMS tienen ventajas con

respecto a otros sensores, como el bajo consumo de potencia, bajo peso, tamaño ligero y bajo costo de producción en masa (Vashist y cols., 2018). Los sensores de gas tipo MEMS pueden utilizar estructuras tipo diamante, puente y trampolín.

La estructura tipo diamante está formada por un anillo rectangular anclado en dos esquinas opuestas; en la parte central se coloca una viga suspendida en las esquinas sin anclar. La estructura tipo puente está formada por una viga suspendida, anclada en ambos extremos. La estructura tipo trampolín se encuentra formada por una viga suspendida anclada en un extremo, puede tener arreglos de trampolines en serie con diferentes anchos y largos (ver Figura 2a).

La Figura 2b muestra un sensor de gas electroquímico, en el que se introduce un gas que interactúa con el sensor, produciendo un cambio en alguna variable eléctrica (voltaje, corriente o resistencia); la información del sensor es enviada al analizador de señales que procesa los datos y los envía a una computadora personal para almacenar y mostrar la información de la cantidad de gas detectada por el sensor.

Los sensores de gas basados en transistores de efecto de campo tienen como objetivo medir la reacción de los compuestos orgánicos volátiles al contacto con el metal catalítico (Paredes, 2015). Su selectividad y sensibilidad pueden ser optimizadas con diferentes parámetros como volumen del óxido del metal; sus principales ventajas son la

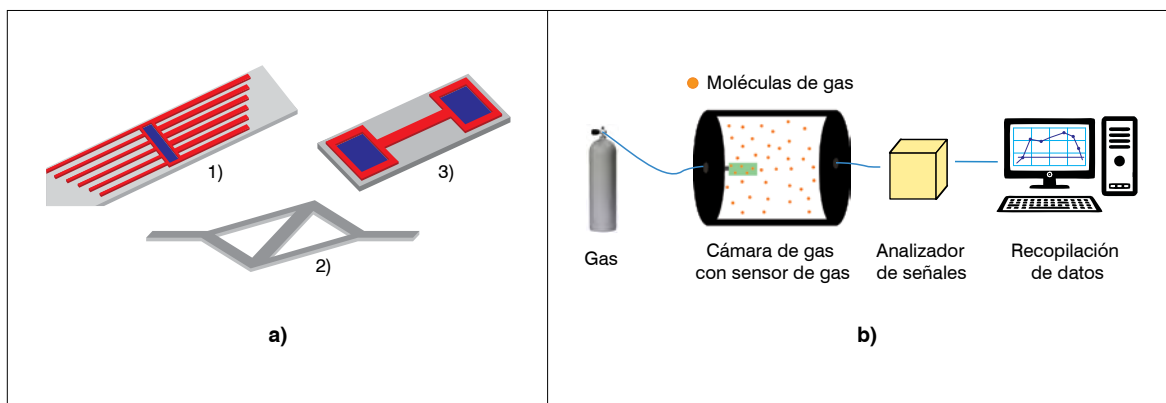


Figura 2. a) Estructuras de los Sistemas Micro-Electro-Mecánicos en un sustrato de silicio, b) Configuración experimental empleada en sensores de gases electroquímicos.

portabilidad y el bajo costo. Si el metal es poroso, las moléculas grandes de gas no podrán atravesar la puerta de este (Kim y cols., 2014).

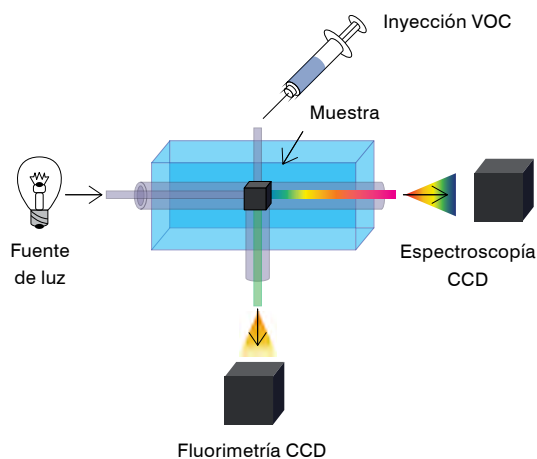
Los sensores electroquímicos tienen tres electrodos, el primero, llamado electrodo de trabajo, al interactuar con el gas produce una reacción de oxidación o reducción que dependerá de la naturaleza del gas; el segundo, denominado electrodo de referencia, sirve para que el potencial medido sea comparado con el electrodo; el tercero, llamado electrodo auxiliar, tiene como función proporcionar información de la interacción electroquímica midiendo la variación de la corriente (Alegret y cols., 2004). Se clasifican en potenciométricos (monitoreo del voltaje), amperométricos (monitoreo de la corriente) y conductimétricos (monitoreo de la conductividad o resistencia) (Escalona y cols., 2012). En la Figura 2b, se muestra la configuración empleada en sensores de gas electroquímicos.

Los sensores ópticos están basados en la detección de un haz de luz u ondas electromagnéticas durante la interacción con otros compuestos químicos a determinar (Escalona y cols., 2012). Existen diferentes métodos de detección, como infrarrojo y fotoionización; sus principales ventajas son la detección remota y su versatilidad, por lo que ofrecen un mayor control en el proceso (Andre y cols., 2018). En la Figura 3 se muestra un arreglo óptico para la detección de compuestos orgánicos volátiles, en que se emplea una fuente de luz que es guiada hasta un divisor de haz en

donde se encuentra la muestra que interacciona con los compuestos orgánicos volátiles inyectados; en el eje perpendicular a la fuente de luz se coloca un dispositivo de carga acoplada y se miden los cambios en la fluorescencia debidos a la concentración de gas, mientras que en el eje lineal se coloca otro dispositivo de carga acoplada que mide los cambios en una longitud de onda del espectro electromagnético.

Para elegir un sensor de gas deben tomarse en cuenta parámetros como selectividad, sensibilidad y tiempo de detección, cuyo manejo adecuado puede evitar desde un dolor de cabeza hasta

Figura 3. Configuración experimental para experimentos de detección óptica lineal y perpendicular.



dificultad para respirar, dependiendo del tiempo de respuesta del sensor. Desde luego, al aumentar la precisión de dichos parámetros el precio del sensor también aumenta.

Las enfermedades respiratorias como el cáncer pulmonar han aumentado debido a las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles. Debido a su capacidad de monitorear el gas en tiempo real, los sensores de gas pueden ser coadyuvantes de importancia para conseguir un ambiente limpio, reduciendo la casuística de dichas enfermedades.

B I B L I O G R A F Í A

Alegret S, del Valle M y Merkoçi A (2004). Sensores electroquímicos: introducción a los quimiosensores y biosensores: curso teórico-práctico. Universidad Autónoma de Barcelona.

Andre RS, Sanfelice RC, Pavinatto A, Mattoso LH and Correa, DS (2018). Hybrid nanomaterials designed for volatile organic compounds sensors: A review. *Materials & Design* 156:154-166.

Arellano JJJ, Aguirre SM, Mixcoatl JC, Pérez GB and Mata JLM (2018). Diseño e implementación de sensores de gas QMC de alta sensibilidad para una nariz electrónica. *Pistas Educativas* 39(128):815-828.

Deng Y (2019). *Semiconducting Metal Oxides for Gas Sensing*. Springer Link.

Escalona L, Manganiello L, López-Fonseca M y Vega C (2012). Los sensores químicos y su utilidad en el control de gases contaminantes. *Revista Ingeniería UC* 19(1):74-88.

Geissman TA (1973). *Principios de química orgánica*. Segunda edición. Reverte.

Hernández Villaseñor SZ (2017). Insuficiencia de la regulación de los compuestos orgánicos volátiles en México, Recuperado de: http://www.pincc.unam.mx/7mocongreso/7O_CONGRESO/CCA/MIERCOLES_CCA/MIERCOLES_CCA_PDF/MESA_3/3_SERGIO_HERNANDEZ.pdf

Kim CH, Cho IT, Shin JM, Choi KB, Lee JK and Lee JH (2014). A new gas sensor based on MOSFET having a horizontal floating-gate, *IEEE Electron Device Letters* 35(2):265-267.

Organización Mundial de la Salud (OMS)(2018). Cancer, Recuperado de: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer> (consultado, 15 enero 2019).

Paredes JA, Álvarez FJ, Morera J, Moreno JA y García E (2015). Localización y posicionamiento mediante sensores olfativos: revisión. *Actas de las XXXVI Jornadas de Automática*, p. 371-378.

Salthammer T (2016). Very volatile organic compounds: an understudied class of indoor air pollutants. *Indoor Air*, 26(1): 25-38.

Vashist SK and Luong JH (2018). Microcantilever-Based Sensors. In *Handbook of Immunoassay Technologies* (pp. 305-332). Academic Press.

World Health Organization (WHO)(2016). Global action plan for the prevention and control of NCDs 2013-2020, Recuperado de: <http://www.who.int/nmh/publications/ncd-action-plan/en/> (consultado 20 enero 2019).

P. Argüelles-Lucho

L. García-González

**Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología
Universidad Veracruzana**

F. López Huerta

**Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Veracruzana
frlopez@uv.mx**

