

1 Introducción

Podríamos definir la sensórica como la ciencia que estudia la percepción y medición de cambios en las propiedades físicas de un medio. En aplicaciones de ingeniería, se puede concretar que sensórica es la adquisición y medida de datos o información de alguna propiedad o propiedades de un fenómeno, un objeto o un material, por un determinado dispositivo. En particular, esta se orienta al estudio, creación y desarrollo de sensores y transductores.

Según la Real Academia, un sensor se define como un “dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente a un receptor”, mientras un transductor sería un “dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica”. En realidad, la definición de sensor incluye la de transductor, ya que todo sensor necesita, de una forma u otra, transducir. Podríamos decir que el transductor es la realización física de un sensor.

La sensórica es una disciplina esencial para el control de sistemas. Gracias a sensores se puede caracterizar un sistema, entender su funcionamiento y posteriormente modelarlo de forma fiel a la realidad. Los modelos son muy importantes porque permiten trabajar con una versión extremadamente simplificada de la realidad, lo que facilita su predicción y conocimiento. Esta simplificación introduce por supuesto un cierto error, una imperfección inherente al modelo.

Los sistemas de control necesitan sensores que identifiquen el estado de los sistemas. Dada la imperfección que presenta el modelado de sistemas, es necesario corregir continuamente las predicciones (o cualquier otro resultado de un modelo) para que se ajusten a la realidad.

En nuestro proyecto se desarrolla un banco de pruebas orientado al estudio y caracterización de las propiedades de un sistema; en concreto este sistema es un hidrogel. El objetivo final es desarrollar aplicaciones basadas en estos hidrogeles.

El proyecto se desarrolla en dos partes bien diferenciadas. En un principio se diseña el banco de pruebas que se va a utilizar, así como la selección del principio utilizado para medir. Este banco debe ser automatizado y controlado a través de un ordenador. Esta parte corresponde a los

capítulos 5 y 6 del proyecto (Páginas de 9 a 41). En el primero se desarrolla toda la mecánica asociada al banco, y en el segundo se programa el software necesario para controlar los aparatos que van a ser utilizados. Se va a emplear la técnica de microbalanzas de cuarzo, de la cual vamos a aprovechar la información de la frecuencia y el amortiguamiento de la señal recibida. Se expone lo fundamental en el apartado 2 de este resumen.

La segunda parte es la parte experimental. Se ha trabajado con un hidrogel, en concreto con el PVA / PAA, con la intención de estudiar la viabilidad de su uso como indicador del pH de una solución. Este sistema se quiere utilizar para desarrollar lo que se llama una “lengua electrónica”; dispositivo que permite determinar características de alguna sustancia líquida mediante contacto. Esta parte se ha desarrollado en el capítulo 7 del documento, y se recoge lo fundamental en el apartado 3 del resumen.

En los capítulos 1, 2, 3 y 4, páginas de la 1 a la 8, se expone el estado del arte y la introducción teórica necesaria, todo lo cual se recoge en este punto del resumen.

1.1 Estado del Arte

1.1.1 Desarrollos en Sensores Químicos

Las tecnologías de sensores químicos es una de las áreas de la sensórica de mayor crecimiento en los últimos años, y puede identificarse como un área clave en la analítica química moderna. El creciente interés en sistemas sensibles se ve potenciado por la demanda, cada vez mayor, de aplicaciones in-situ y online, demandada en los campos de aplicación y control de procesos industriales, observación medioambiental, análisis biológico y bioquímico de comidas, tratamiento de aguas y otros campos.

El propósito de un sensor químico es proporcionar información fiable en tiempo real sobre la composición química de su entorno. La alternativa son las complicadas técnicas de laboratorio, cuyos principales inconvenientes son el alto precio, la necesidad de personal altamente cualificado, y el hecho de que tienen que ser realizados en un laboratorio apropiado, y por tanto no pueden ser incluidos en ningún sistema eficiente de control y supervisión en tiempo real.

En los últimos años, la tendencia es aumentar la resolución y sensibilidad de los sensores químicos no solo aplicando nuevas tecnologías sino exprimiendo las existentes mediante el uso de sistemas redundantes y procesado cruzado de datos [REF]. Para ello existen dos técnicas o posibilidades diferentes: sensores de orden superior y matrices de sensores. El primer tipo se basa en usar más de un principio de transducción a la misma capa selectiva, aumentando el número de canales de medición. El segundo se basa en el uso de varias capas selectivas a las que se aplica el mismo principio de transducción, lo que también aumenta la información recibida. Estos principios son los que inspiran el desarrollo de “lenguas” y “narices electrónicas”, que intentan emular el comportamiento de las correspondientes partes del cuerpo humano.

En este proyecto se pretende combinar la información de dos canales de lectura de una microbalanza de cuarzo. Desde este punto de vista, el sensor resultante pertenece al primer tipo de sensor químico de orden superior.

1.1.2 Hidrogeles y sus aplicaciones

Existen en la actualidad materiales revolucionarios que pertenecen al área de los polímeros y que se conocen con el nombre de "materiales inteligentes". Los hidrogeles inteligentes o polímeros inteligentes son materiales con excelentes propiedades; en concreto muestran una extraordinaria capacidad para responder a estímulos externos, lo que los hace tremendamente interesantes. Un hidrogel blando es un polímero que forma una red tridimensional cruzada, de enlaces ligeros, que tiene la propiedad de hincharse absorbiendo entre 10 y 1000 gramos de agua por gramo de gel seco. En respuesta a algunos estímulos externos, dependientes del gel utilizado, estos geles pueden pasar de un estado de hinchado completo (máxima absorción) a un estado completamente comprimido, expulsando toda el agua absorbida. Los geles inteligentes pueden ser diseñados para responder a una amplia variedad de estímulos, como la temperatura, el pH, la luz o el campo eléctrico o magnético. La respuesta “inteligente” de estos materiales los hace muy útiles en aplicaciones de sensores, actuadores, separaciones químicas y biológicas.

Así, podemos citar:

a) Geles que responden a estímulos como la temperatura o a cambios de pH (geles obtenidos a partir de acrilamida o sus derivados) y que son de gran importancia como matrices de liberación controlada de medicamentos para tratamientos para el cáncer, diabetes, afecciones cardíacas.

- b) Polímeros fotosensibles, que permiten la construcción de plantillas ó circuitos útiles en las técnicas de microlitografía.
- c) Polímeros superconductores usados en la fabricación de "microchips", fibras ó filamentos, muy difundidos en sistemas de computación y telecomunicaciones.
- d) Materiales biocompatibles que sustituyen partes del cuerpo humano: huesos, implantes de articulaciones, ligamentos, piel.
- e) Superabsorbentes, que son polímeros expandibles que retienen agua y aumentan su tamaño hasta 500 veces su volumen original, de gran aplicación en la agricultura, especialmente en zonas de suelos áridos o en hidroponía.

1.1.3 QCMB

Los métodos automáticos de análisis tienen cada día más aplicaciones en todo tipo de determinaciones analíticas. Entre los métodos no destructivos, las técnicas de resonancia mediante materiales piezoeléctricos como el cuarzo son muy útiles, porque permiten medir con mucha precisión masas del orden del nanogramo, o sea comparables a una sola capa de moléculas pegadas a una superficie.

La microbalanza de cristal de cuarzo, en inglés QCMB (Quartz Crystal MicroBalance) consiste en una pequeña lamina de cristal de cuarzo cortado adecuadamente de tal forma que aplicando un potencial eléctrico oscilante entre sus caras se puede provocar una oscilación mecánica y medir sus propiedades de resonancia. Estas propiedades cambian cuando se colocan sobre el cristal diversos materiales, permitiendo conocer no solo la masa del material en estudio sino también su elasticidad, viscosidad, porosidad, etc.

El estudio de esta técnica analítica y el desarrollo de modelos que permitan obtener medidas precisas y seguras de propiedades de materiales a partir del estudio de la resonancia de estos cristales es muy importante para desarrollar aplicaciones como el estudio de las deposiciones metálicas (galvanoplastia, metalizados, etc.), la modificación de superficies con monocapas moleculares, la generación de sensores de olor y gusto, el diseño de sustancias que liberen controladamente compuestos químicos, el estudio reológico y viscoelástico de alimentos, etc.

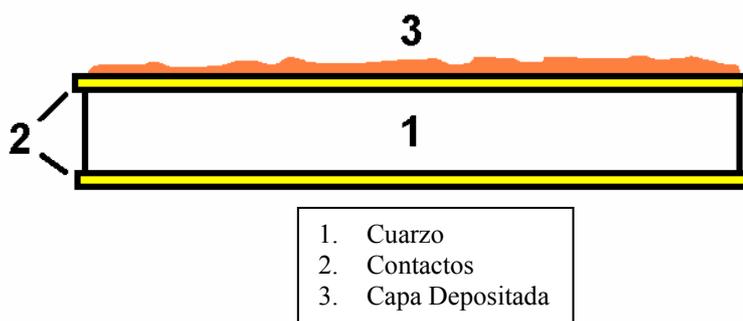


Figure 1: Esquema del procedimiento QCMB

En principio, este sistema se utiliza para medir variaciones de masa de la capa depositada sobre el cuarzo. Mínimas desviaciones del peso sobre el cuarzo, como las que producen los depósitos resultantes de reacciones

químicas, afectan tanto a la frecuencia de oscilación como al amortiguamiento de la señal. De aquí que se llamen microbalanzas de cuarzo, ya que son sensibles a variaciones mínimas de masa.

Por otra parte, esta técnica es muy útil para caracterizar las propiedades de capas finas de material que hayan sido depositadas sobre el cristal. Si la capa es de una sustancia sensitiva como un gel – las variaciones de masa medidas se pueden relacionar con variaciones de otra propiedad del medio, relación que será dada íntegramente por la sensibilidad de la capa.

Es esta característica la que hace la microbalanza de cuarzo un sistema ideal para trabajar con los sensibles geles inteligentes. Absorciones importantes de líquido redundan en variaciones importantes de frecuencia, que son muy fáciles de medir e interpretar.

Existen dos modos de utilizar esta técnica. El primero consiste en medir directamente sobre el cuarzo, lo que permite aprovechar los dos canales de frecuencia de la oscilación y ancho de banda (o amortiguamiento) de la misma. El ancho de banda y el amortiguamiento están relacionados proporcionalmente entre si. Se puede demostrar, para esta configuración, que ambos canales son independientes, y por tanto se puede combinar su información para obtener mayor resolución.

La otra posibilidad es utilizar el cuarzo a modo de filtro paso de banda y realimentar la señal como indica la figura. De esta forma obtendremos una señal muy pura, pero eliminando completamente toda información de ancho de banda.

En cierto modo este sistema proporciona una señal más útil, al ser considerablemente más estable. El problema es que requiere la incorporación de un etapa activa, lo que en muchos casos resulta complicado. Para nuestras aplicaciones es más conveniente estudiar el comportamiento de estos sensores en modo pasivo, aunque se planea trabajar con QCMB realimentada en el futuro, en otras posibles aplicaciones.

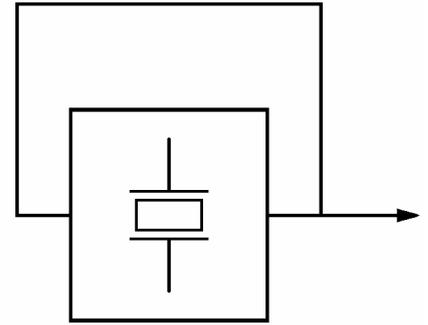


Figure 2: QCMB realimentada

1.2 Especificaciones del Proyecto

Las tareas principales en el desarrollo del proyecto son:

- Desarrollo mecánico
 - Diseñar la celda de medidas para un cuarzo simple
 - Interfaz mecánica con el banco de pruebas
 - Medir la temperatura de la cámara
 - Medir el pH del líquido
- Desarrollo eléctrico
 - Leer todos los sensores
 - Controlar el volumen de líquido en la celda
- Software
 - Controlar el analizador de red y e adquisidor de datos via el bus GPIB.
 - Recoger y guardar las medidas (pH, temperatura, frecuencia y amortiguamiento)
 - Interfaz software para controlar el programa del banco de pruebas
- Test
 - Probar el equipo experimental
 - Caracterización de un hidrogel desconocido