

# Internet Electronic Journal\*

# Nanociencia et Moletrónica

Diciembre 2012, Vol.10, N°2, pp 1959-1966

## **Aplicación de celdas de fluido en el estudio de nanosistemas por AFM**

**R. A. Hernández Reyes<sup>1</sup>, A. Ramírez Solís<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Electrónica – BUAP, <sup>2</sup>Laboratorio de Nanotrónica  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Ciudad Universitaria, 72000 Puebla, **México**  
e-mail aramirs@ece.buap.mx

recibido: 16.5.12

revisado: 22.06.12

publicado: 31.12.12

Citation of the article;

R. A. Hernández Reyes, A. Ramírez Solís, Aplicación de celdas de fluido en el estudio de nanosistemas por AFM, Int. Electron J. Nanoc. Moletrón, 2012, Vol. 10, N°2, pp 1959-1966

## Aplicación de celdas de fluido en el estudio de nanosistemas por AFM

R. A. Hernández Reyes<sup>1</sup>, A. Ramírez Solís<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Electrónica – BUAP, <sup>2</sup>Laboratorio de Nanotrónica  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Ciudad Universitaria, 72000 Puebla, **México**  
e-mail aramirs@ece.buap.mx

recibido: 16.5.12

revisado: 22.06.12

publicado: 31.12.12

---

*Internet Electron. J. Nanoc. Moletrón., 2012, Vol.10 , N° 2, pp 1959-1966*

### Resumen

El estudio, la apariencia física y la composición de la materia en el entorno ha sido un punto importante para la investigación y conocimiento de la misma. El saber cómo se ha ido desarrollando la superficie o como ha ido evolucionando da pauta para poder trabajar sobre la conductividad o no conductividad de los materiales. La necesidad de adquirir conocimiento sobre diversas materias a partir de una solución acuosa resulta de enorme interés para diversas disciplinas científicas.

En esta investigación se busca conocer y profundizar en el estudio de los biosistemas, a través de la Celda de Fluidos. El AFM es la herramienta adecuada para el estudio y visualización de los biosistemas puesto que podemos obtener una visualización de la superficie puesto que, gracias a su operación de barrido, nos proporciona una imagen tridimensional de la muestra, y así nos permite conocer como está constituido o como se comporta, cambiando con forme pasa el tiempo, además de saber un poco más sobre sus características. La implementación y estudio de biosistemas en el Microscopio de Fuerza Atómica (AFM), a través de dicha celda de fluidos, es un paso más en la investigación en el LabNanotrónica.

### Palabras clave

Nanotecnología Nanobiotecnología AFM celda fluidos cantiléver sensor piezoeléctrico

## 1. Introducción

Los nuevos e incluso revolucionarios conceptos en la megatendencia científico tecnológica son indispensables. La nano-ciencia y la nano-tecnología a escala molecular, junto con la nano-bioelectrónica, se integran en una nueva rama de actividad académica, la Nanotrónica.

La nanotecnología y la electrónica cuántica aparecen en la gama de las tecnologías electrónicas, representadas particularmente por la litografía fina y materiales súper puros, con la fabricación de las primeras superredes funcionales en 1976. Actualmente enormes inversiones financieras en estas tecnologías por parte de la industria del semiconductor, acompañadas con impresionantes descubrimientos académicos y desarrollos científicos que se reflejan en una inmensidad de patentes tecnológicas otorgadas a estas industrias, han reducido el círculo de los protagonistas serios a unos pocos países.<sup>[1]</sup>

Con los diversos avances aparece la Nanobiotecnología que es la rama emergente de oportunidades científico-tecnológicas, que fusiona biosistemas con nanofabricación electrónica en beneficio de los dos. La Nanobiotecnología tiene el potencial de poner las nanotecnologías de microfabricación al trabajo de estudiar y manipular sistemas biológicos.

La electrónica a escala molecular se extiende sobre dos ramas: La aplicación de materiales orgánicos en combinaciones macroscópicas para la formación de dispositivos electrónicos y fotónicos, y el aprovechamiento de la funcionalidad en moléculas individuales para la fabricación de dispositivos a escala nanométrica. El traslape entre las dos ramas es considerable. De hecho, es un punto de unión, que reclama la participación e interacción de investigadores de varias disciplinas de saber, entre ellos de la biología, electrónica, química, física, computación, medicina, e ingeniería eléctrica y mecánica.

### 1.1 Microscopio de Fuerza Atómica (AFM)

El Microscopio de Fuerza Atómica (AFM, de sus siglas en inglés Atomic Force Microscope) es un instrumento mecano-óptico capaz de detectar fuerzas del orden de los piconewtons. Al rastrear una muestra, es capaz de registrar continuamente su topografía mediante una sonda o punta afilada de forma piramidal o cónica. La sonda va acoplada a un listón o palanca microscópica muy flexible de sólo unos 200  $\mu\text{m}$ .

El principio físico del Microscopio de Fuerza Atómica se basa en que al acercar el cantiléver a la superficie de la muestra, las fuerzas de mecánicas de contacto entre la punta y la muestra reflejan el cantiléver según la ley de Hooke.<sup>[2]</sup>

$$F = -kx \quad (1)$$

Y a través de la reflexión de un laser hacia un arreglo de fotodiodos que junto con el uso de un transductor piezoeléctrico que permite controlar la posición espacial de la punta del cantiléver con mucha precisión, permite mapear la propiedad de la superficie de la muestra a una escala atómica o manométrica.

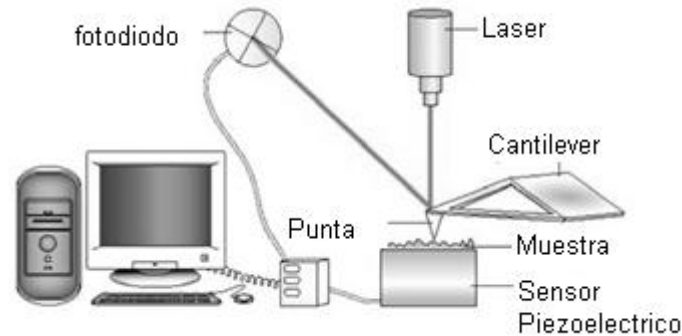


Figura 1. Representación esquemática del Microscopio de Fuerza Atómica.

Una variación en el ámbito de la medición con la que cuenta el microscopio es la capacidad de visualización y exploración en líquidos, por lo que se implementa una celda de fluidos.

Para utilizar la celda de fluidos en la medición en líquidos existen dos formas de función: [3]

1.- En el modo acústico que es donde se sitúa el sensor piezoeléctrico, o bien en la parte trasera de la celda líquida, o bien bajo la muestra. En este caso, el movimiento de la muestra induce el de la micropalanca, sin embargo la principal desventaja de este modo es que resulta en resonancias muy sucias.

2.- En el modo electrostático y magnético, donde la micropalanca se hace oscilar mediante un campo eléctrico o electrostático. La principal desventaja de este modo es que hay que metalizar las micropalanca.

Al utilizar la celda de fluidos en el AFM, además de tratarse de una técnica todavía en desarrollo, presenta fundamentalmente dos problemas:

El microscopio se vuelve menos sensible a las fuerzas de la interacción punta-muestra que en el modo tradicional. Esto es debido a la reducción en agua de la constante de amortiguamiento, lo que provoca que los cambios de la frecuencia de resonancia se manifiesten en la amplitud con menor sensibilidad. Y que al existir contacto entre punta y muestra, se necesitan micropalanca más blandas con frecuencias de resonancia más altas.

Las aplicaciones del AFM en líquido son muy variadas: permite la resolución de problemas estructurales y la caracterización mecánica de proteínas, detectar el funcionamiento de proteínas in situ (como el desplegamiento de proteínas) y manipular proteínas individuales.

Con la ayuda de las características del AFM, la obtención de imágenes cuando una muestra se encuentra en contacto con un líquido es una tecnología con un alto crecimiento. Para la utilización de la celda de fluidos existen diversas razones como la necesidad de minimizar las fuerzas superficiales en algunas muestras delicadas,

también para estudiar muestras biológicas en un ambiente natural en el que se encuentran, observar en tiempo real muestras en las que tienen lugar reacciones electroquímicas dentro de las cuales se puede mencionar el estudio de la corrosión en los metales; entre muchas otras. La utilidad de la celda de fluidos es que en la obtención de imágenes de una muestra dentro de un entorno líquido se eliminan las fuerzas atractivas debido a la tensión superficial. Al desaparecer estas, se pueden obtener imágenes de la superficie de la muestra utilizando una fuerza mínima sobre la punta del cantiléver, algo que se debe tomar en cuenta cuando se quiere estudiar especímenes biológicos y delicados materiales. [4]

Normalmente, el procedimiento para la observación de las muestras bajo un fluido es la misma que para el modo de contacto o el de "tapping", sin embargo se deben hacer los ajustes adecuados y exactos para corregir los efectos de refracción del laser, la ubicación de la celda dentro del AFM y la colocación de la punta del cantiléver sobre la muestra.

### 1. Desarrollo

Primero se debe tomar en cuenta que el montaje de la celda de fluido en el AFM se debe de llevar a cabo con suma precaución y delicadeza para evitar pérdidas y deterioro del material con el que se trabaja. Las partes que componen la celda de fluido cuenta con piezas pequeñas, piezas de plástico delicadas y piezas que no necesitan mucha fuerza y apriete a la hora de su montaje en el AFM.

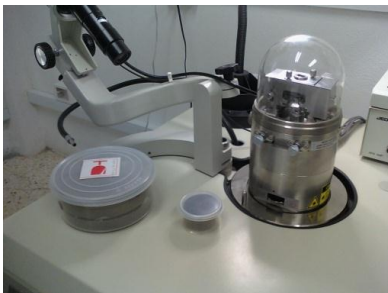


Figura 2. Microscopio de Fuerza Atómica del Laboratorio de Nanotrónica y celda de fluidos en su empaque.



Figura 3. Partes elementales que componen la celda de fluidos del Microscopio de Fuerza Atómica del Laboratorio de Nanotrónica.

Lo primero que se debe de llevar a cabo es el montaje de la celda de fluidos, por lo que se debe de desmontar el cabezal del microscopio para poder maniobrar e instalar las piezas necesarias. Una vez desmontado el cabezal, se procede a desatornillar y desmontar el sensor piezoeléctrico de manera cautelosa puesto que es considerado como una de las piezas más sensible y costosa que cuenta el microscopio.



Figura 4. Desmontaje del cabezal del AFM.



Figura 5. Desmontaje del sensor piezoeléctrico del AFM.

Una vez que tengamos el sensor piezoeléctrico fuera del compartimiento del microscopio y podamos maniobrar de mejor manera, procederemos a desatornillar un pequeño disco de metal que se encuentra en la parte superior del sensor y acto seguido se coloca el disco necesario para sujetar la celda de fluido. Este disco es más pequeño que el disco que se utiliza para las muestras en estado sólido y posee además dos tornillos los cuales deben ser tratados con el mayor cuidado posible. Posteriormente, se coloca la última barrera de protección para el derrame de líquidos que consta de una liga de plástico, relativamente gruesa, la cual sirve de barrera y sujetador para la pequeña charola de plástico que se coloca alrededor de la parte superior del sensor piezoeléctrico. La función de la pequeña charola de plástico y la liga es de impedir el paso del líquido al interior del microscopio y ocasionar graves daños.



Figura 6. Comparación del sujetador que se coloca en la parte superior del sensor piezoeléctrico. Izquierda: disco para celda de fluidos. Derecha: disco para estudio de muestras solidas.



Figura 7. Muestra de la liga de plástico y de la pequeña charola de plástico, utilizados como última barrera de protección para el microscopio.

Después se procede a colocar una pequeña charola de metal, la cual cuenta con un tubito y que sirve para poder girar el recipiente donde se coloca la muestra y así obtener el mejor ángulo de estudio. Tras colocar la charola, se monta el recipiente final de la celda de fluidos. Este recipiente es de plástico y consta de dos cavidades, una cavidad exterior que sirve de primera barrera para el derrame de líquido, y una cavidad en el centro del recipiente que es donde se coloca la muestra líquida a estudiar. Cabe mencionar que el recipiente cuenta con un pequeño tornillo que sirve para fijar el recipiente con el sensor piezoeléctrico y así evitar movimientos de más o movimientos que ocasionen problemas para el estudio de la muestra.



Figura 8. Colocación y ubicación de la charola de metal sobre el sensor piezoeléctrico.



Figura 9. Colocación del recipiente alojador de las muestras a estudiar de la celda de fluidos.

Finalmente se coloca el sensor piezoeléctrico en la cavidad destinada dentro del microscopio. Al cabezal del microscopio se le monta el riel necesario para sujetar el dispositivo donde se ubica el cantiléver que nos proporcionará las mediciones de la muestra. Este dispositivo es diferente al original ya que cuenta con una mica de protección para que la muestra no salpique y dañe el láser. Se debe tomar en cuenta que los cantilevers para la celda de fluidos son distintos ya que estos se diferencian de los otros, en que solo poseen una punta en uno de sus extremos, por lo que se debe tener mayor cautela a la hora de la colocación y calibración del láser.

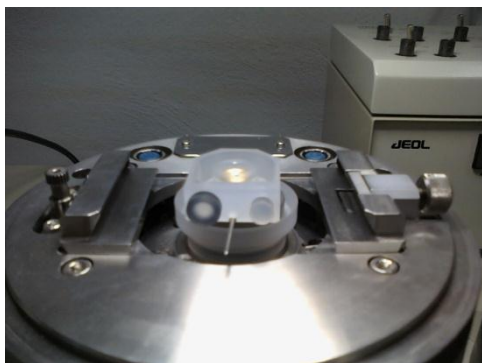


Figura 10. Colocación del sensor piezoeléctrico con la celda de fluidos dentro del AFM.

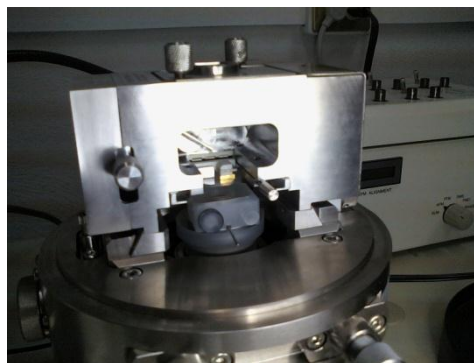


Figura 11. Colocación del cabezal y las últimas partes que conforman la celda de fluidos del AFM.

Tras haber colocado la celda de fluidos, se procede a realizar los pasos que se llevan a cabo normalmente, que serían, calibrar el láser, tener la mejor ubicación de la muestra a través del sensor piezoeléctrico, colocar de manera cautelosa la muestra y finalmente obtener los resultados que queremos. Antes de empezar a trabajar en muestras líquidas se llevó a cabo un pequeño entrenamiento sobre el manejo y colocación del cantiléver en la respectiva sección de la celda de fluidos.



Figura 12. Manejo propio de las puntas cantiléver de la celda de fluidos del AFM.

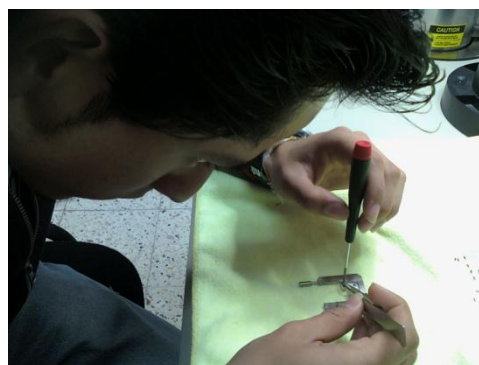


Figura 13. Colocación de la punta cantiléver en la sección correspondiente de manera propia.

## 2. Conclusiones

- Se llevó a cabo el montaje de la celda de fluidos de manera correcta y con suma precaución, donde se evitó pérdidas y daños al equipo.

- Como se aprecia en las últimas imágenes, después de varios intentos se logró colocar de manera correcta el cantiléver en la sección correspondiente evitando chocar con alrededores y evitando romper la diminuta punta.
- Por medio del barrido del AFM se visualiza el tipo de formación que se lleva a cabo sobre las superficies líquidas.
- El Microscopio de Fuerza Atómica nos proporciona una idea de lo multifuncional que puede llegar a ser. El microscopio nos puede llegar a dar datos y mediciones de muestras de diversas muestras en el estado sólido y líquido.

### 3. Agradecimientos

Al Dr. A. Zehe por su apoyo, tiempo, aportes y orientación para la realización de la investigación. Además de darme oportunidad de involucrarme un poco más en el ámbito de la nanotecnología, y así poder aportar un pequeño trabajo a la comunidad estudiantil e investigadora.

Al M.C. Ramiro Gómez Puerto por su apoyo, tiempo, dedicación y conocimientos que hicieron que la investigación tuviera un excelente camino. Además de siempre darme una mano en dudas que surgieron, en la búsqueda de información y en su enseñanza respecto al tema.

### 4. Referencias

- [1] Zehe, A., Thomas, A., Tecnología Epitaxial de Silicio, ISBN 3-8311-1438-2, ed. intercon verlagsgruppe Alemania 2000.
- [2] Zehe, A., Herramientas Analíticas de Interfaces Sólidas, ISBN 3-8311-3262-03, ed. intercon verlagsgruppe Alemania 2002.
- [3] Steigerwald, J. M., Murarka, S. P., Gutmann, R. J. Chemical Mechanical Planarization, Wiley & Sons 2001.
- [4] Avriam, A., Ratner, M., Molecular Electronics: Science and Technology, Ann. N. Y. Acad. Sci. Vol. 852, 2006.