

UNA APROXIMACIÓN HACIA LA MICROSCOPIA DE BARRIDO

Luis E. Garzón¹

¹ Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, Spain

Email: lucho_garzon@yahoo.es

1. CONTENIDO

Desde hace algún tiempo escuchamos la palabra Nano, ¿Pero Nano que realmente puede significar? Podríamos decir que es una palabra de moda, sin embargo, el mundo a nivel nano describe la escala que está en el orden de una billonésima parte de longitud de un metro. Bajo este contexto, encontramos componentes moleculares, moléculas que han incrementado el interés en todas las áreas de la ciencia como física, química, biología e ingeniería.

Las cosas de la mayoría de estas áreas científicas cubren relativamente longitudes de escala pequeñas, por ejemplo, la escala de la constante de Planck (10^{-33} m) a nivel de la química macromolecular (10^{-10} m a 10^{-3} m), o el tamaño de los organismos (10^{-10} m a 10 m). En estos órdenes de magnitud,

encontramos entonces el rango típico de las ciencias de materiales que están entre 10^{-12} m a 10^7 m.

El desarrollo de la ciencia en el siglo 20 fue gracias al trabajo arduo tanto en el campo experimental como teórico en física especialmente con la mecánica cuántica, considerándose el siglo de oro de la física. Con el desarrollo y advenimiento de los llamados equipos de Microscopia de Barrido (Scanning Probe Microscopy-SPM) entre otras, permitió observar cambios en los materiales a tamaño molecular y aún en procesos biológicos. Pero cuando pensamos en microscopios, recordamos entonces los microscopios ópticos o microscopios electrónicos los cuales crean la imagen de un objeto focalizando la radiación electromagnética, como el fotón o electrones sobre su superficie. En 1981 investigadores de IBM fueron capaces de utilizar el método de Young para crear el Microscopio de Barrido por efecto Túnel

o Scanning Tunneling Microscope (STM), donde usaron el hecho que la emisión del campo de electrones entre una punta metálica y una superficie depende de la distancia entre la punta y esa superficie para muestras conductoras, este hecho fue presentado en la solución de la ecuación de onda de una partícula confinada en un campo central de fuerzas con la mecánica cuántica.

Ya en 1985 Binnig y Quate mostraron el Microscopio de Fuerza Atómica utilizando una pequeña punta sobre un cantiléver o micro palanca, siendo este el corazón del instrumento de medición, porque este es el que debe ser llevado a la proximidad de la superficie objeto de análisis para dar una imagen a través de las fuerzas moleculares de interacción entre punta y la muestra. La característica general de estas sondas o puntas de barrido es que están ensambladas sobre un chip de silicio o nitruro de silicio, con algún tipo de revestimiento según sea su utilidad, igualmente las puntas pueden ser de silicio con recubrimientos de Cr-Pt, Cr-Ir o diamante muy utilizadas hoy día para realizar experimentos de conducción eléctrica en las muestras. Este ensamblaje de punta-cantilever puede tener diferentes geometrías como la forma V o simplemente un fleje, el cual tiene diferentes propiedades torsionales. Además, los cantiléver son clasificados por su constante de fuerza y frecuencia de resonancia que depende el tipo de muestra sería utilizada para muestras

blandas o duras tanto en aire, líquido o ultra alto vacío. El microscopio de Fuerza Atómica puede medir la deflexión vertical o torsional del cantiléver con alta resolución. Un haz de laser es reflejado desde la parte posterior del cantiléver recubierto por una delgada lámina metálica que hace de espejo que lo proyecta hacia un sistema de detección o fotodetectores, donde las deflexiones y torsiones son registradas adecuadamente mediante una electrónica. Para conseguir la información de las propiedades físicas de las superficies que están siendo analizadas, una imagen es formada y grabada por las fuerzas de interacción entre la punta y la muestra mientras se realiza el scan o barrido sobre la superficie. Las muestras objetos de estudio se colocan en un porta muestras adheridas adecuadamente a un objeto metálico y puestas en el microscopio fácilmente, sin embargo, técnicas como en medio líquido requieren de cuidados especialmente en el sistema de optimización de la señal proveniente del laser y perturbaciones en el líquido debido al movimiento del piezoeléctrico encargado de realizar movimientos en 3 dimensiones.

Hay diferentes modos de trabajo en la Microscopia de Fuerzas, el más popular es el modo contacto o llamado también modo de fuerza constante, aquí la punta es llevada al contacto con la superficie de la muestra y la deflexión del cantiléver es mantenida constante durante el scan o

barrido por un feedback loop. La figura 1 muestra la relación de la distancia entre punta y muestra, y que dependiendo esa distancia sentiría fuerzas atractivas o repulsivas, y que finalmente se denotaría el tipo de modo en adquisición.

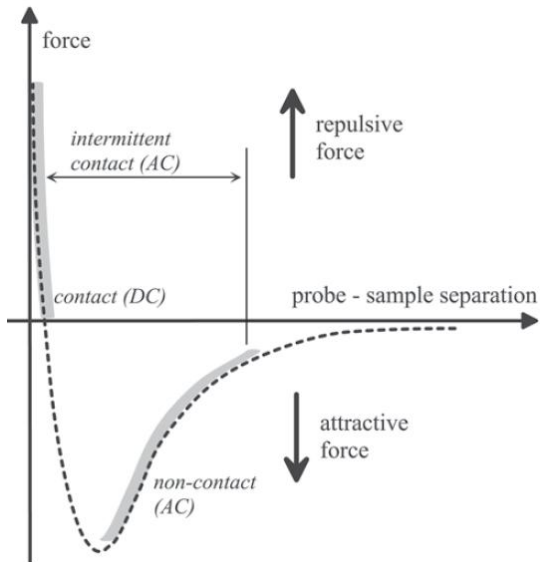


Fig.1 Grafica de las fuerzas entre punta y muestra y modos de operación de la técnica SPM.

En el llamado modo no contacto o modo dinámico, una sonda oscilando es llevada cerca a la superficie sin tocarla donde ella experimenta las fuerzas de Van der Waals que inducen el desplazamiento de la frecuencia de resonancia del cantiléver de alto valor en constante de fuerza, generalmente mayor a 3 Nm^{-1} . La adquisición de imagen es conseguida manteniendo la frecuencia constante o amplitud constante durante el barrido

utilizando el feedback ya sea de la amplitud o la frecuencia. Utilizando el hecho que la técnica en dinámico evita el contacto con la muestra, otros métodos de medida se ha implementado hoy día, como la técnica Kelvin Probe donde aparte de oscilar el sistema punta-fleje se le pone un voltaje a la punta y así aproximar el sistema a un condensador formado por la punta que esta con carga debido al voltaje aplicado y la muestra que está conectada a tierra. Con esta técnica se pueden estudiar sistemas complejos de nano materiales y que dan muchas luces sobre estados electrónicos y distribuciones de carga superficial.

Las siguientes gallerías de imágenes corresponden a las técnicas SPM donde se encuentran estudios de biomoléculas y materiales como silicio con resolución atómica, mediante la Microscopia de Fuerzas Atómicas y de Efecto Túnel.

La nanotecnología nos permitirá entonces dar un paso más allá para miniaturizar dispositivos electrónicos, micro mecanismos y por qué no, entrar a una nueva etapa del desarrollo tecnológico.

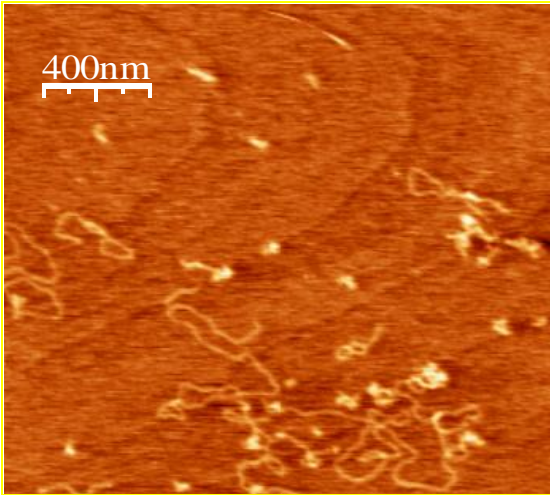


Fig. 2 Modo Tapping (No contacto). Imagen de topografía de las cadenas ADN del timo de ternera depositada sobre mica. El perfil muestra una altura de al menos 6\AA y un ancho de 20nm.

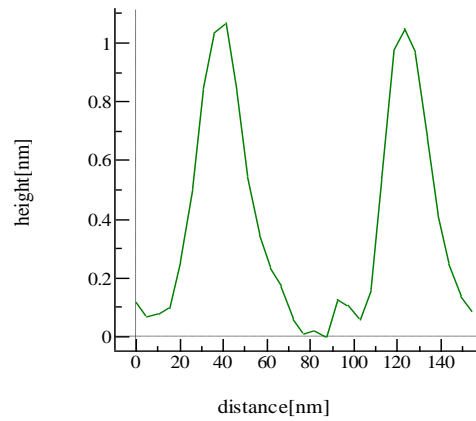
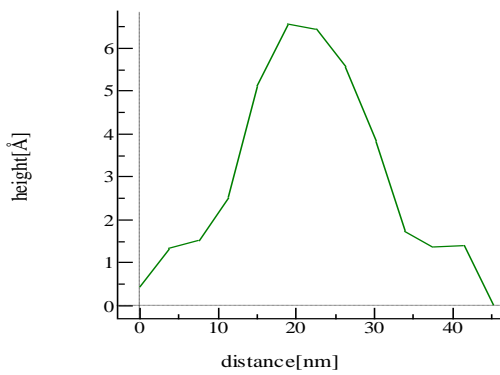
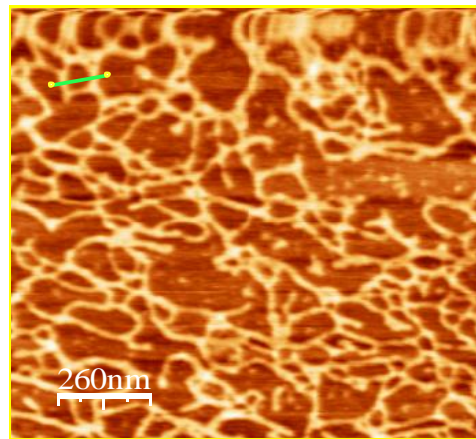
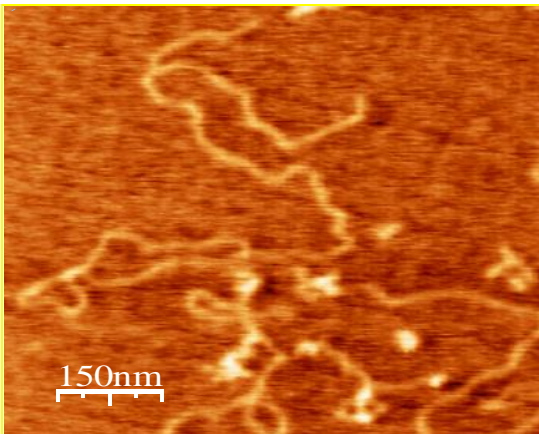


Fig.3 Tapping Mode in air (No Contact). Imagen de topografía de AND y β -amiloide sobre mica. El perfil muestra altura del complejo de 1nm y 30 nm de ancho para una cadena.

Imágenes de Noel Medel, Luis Garzón y Mohamed Hamdam A. Instituto Nicolás Cabrera, Universidad Autónoma de Madrid.

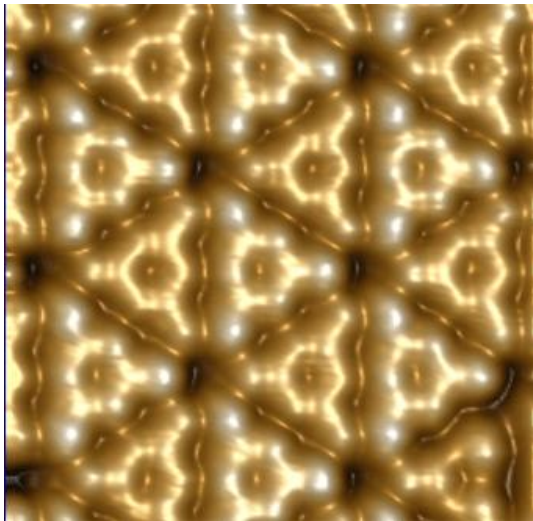


Fig. 4 Imagen de STM con resolución atómica de la superficie de silicio(111)7x7. At constant I, acquired at RT, $V = -1000\text{mV}$. Image size: 8nm x 8nm. M.Moreno. Laboratorio de Nuevas Microscopias. LMN. UAM. Madrid.

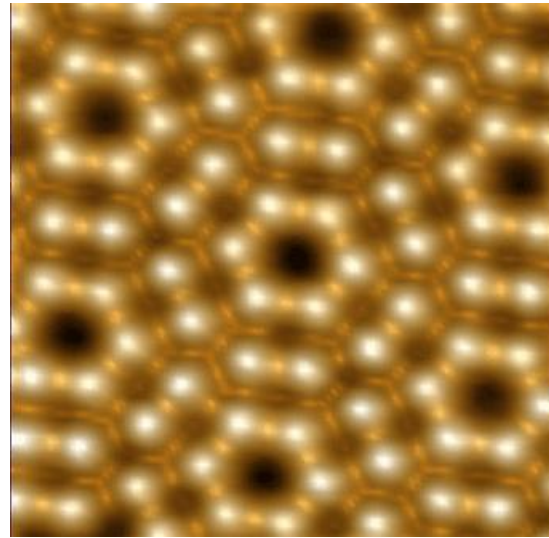


Fig. 5 Imagen de STM con resolución atómica de la superficie de silicio(111)7x7. Topografía. At constant I, acquired at 40K, $V = 1500\text{mV}$. Image size: 6.1nm x 6.1nm. I.Brihuega. Laboratorio de Nuevas Microscopias. LMN. UAM. Madrid.

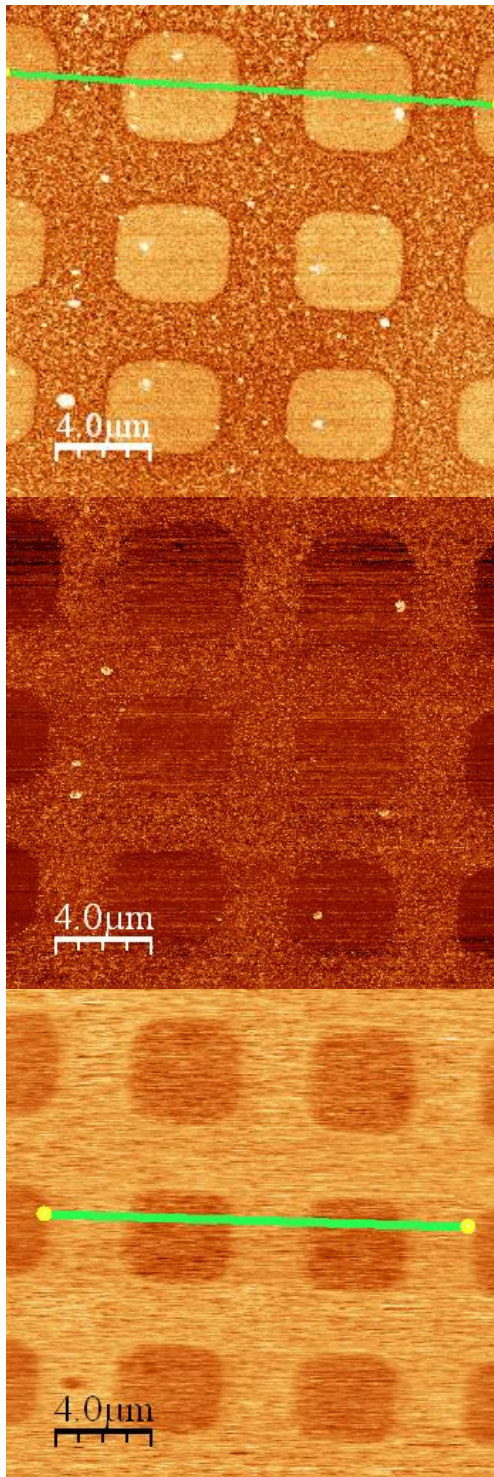


Fig.6 Imágenes de topografía, fase y potencial de superficie de Metal orgánico de HKUST-1 crecidos capa a capa y caracterizado simultáneamente por

Microscopia de Fuerzas. La técnica empleada fue Kelvin Probe. Markos Paradinas, Luis Garzón, Carmen Munuera, Carmen Ocal. Institut de Ciència de Materials de Barcelona ICMAB. Las imágenes muestran en definitiva stamps del crecimiento molecular del metal orgánico sobre oro granular.

2. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] <http://www.nanotec.es/>
- [2] Pier Carlo Braga and Davide Ricci. Microscopy Biomedical Methods and Applications, Vol 242.
- [3] Venables Jhon A. Introduction to Surfaces and Thin Film and Process. Cambridge University Press, 2003.