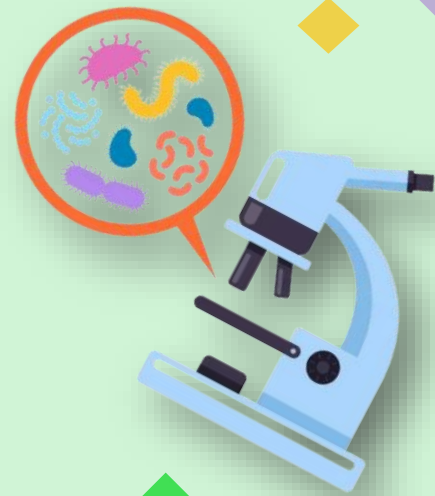




I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales

Editado por
Yuri Morales López



Universidad Nacional
Costa Rica, 2019.



I Congreso Internacional de Ciencias Exactas
y Naturales/ Yuri Morales-López –Heredia,
Costa Rica: Universidad Nacional, 2019.

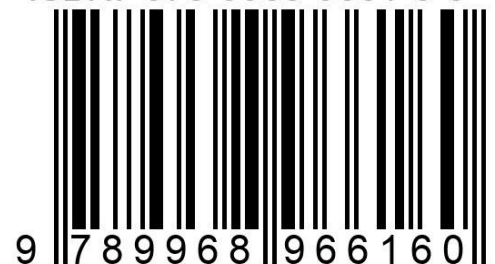
ISBN: 978-9968-9661-6-0.

- Este documento y el contenido tienen una Licencia de uso tipo CC: BY-NC-ND 4.0.
- El uso de texto, imágenes y otra información de terceros es responsabilidad plena de cada autor en su respectivo trabajo, y asumen completa responsabilidad sobre cualquier reclamo legal.
- Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión de los editores ni de la Universidad Nacional.

Reconocimiento

Se les agradece profundamente a la Bachiller Evelyn Rojas Ramírez y al Máster Luis Ocampo Venegas por el apoyo para la gestión de este documento.

ISBN: 978-9968-9661-6-0



Propiedades Mecánicas en la Nanoescala

Giovanni Sáenz-Arce

gsaenz@una.ac.cr

Departamento de Física
Universidad Nacional
Costa Rica

Resumen

La visualización de superficies a nivel de la nanoescala es posible con microscopios electrónicos y microscopios de sonda local. El objetivo de este trabajo es estudiar las propiedades mecánicas en la nanoescala de una mezcla polimérica de baja densidad de poliolefina elastómero y poliestireno y vesículas lipídicas. Las técnicas de medición nanomecánicas convencionales están basadas en la recolecta datos formando curvas de fuerza-distancia (F/D) en cada píxel de una imagen, para así calcular las propiedades elásticas de un material como modulo de elasticidad y adhesión.

Palabras clave: Microscopia de sonda local; Microscopia de Fuerza Atómica; Propiedades nanomecánicas.

La nanociencia es una ciencia interdisciplinaria que podríamos definir como la búsqueda y estudio de nuevas propiedades (físicas, químicas, etc.) que emergen al reducir el tamaño de los materiales a la escala nanométrica. Un instrumento de gran valor para alcanzar este fin es el Microscopio de Efecto Túnel (STM). Desde su invención por Binnig y Rohrer en los laboratorios de IBM en Zurich, el STM se ha convertido en una herramienta esencial para la caracterización y la manipulación en la nano-escala. A partir del STM se han desarrollado otros microscopios generando así la familia de Microscopios de Sonda Local (SPM). Un Microscopio de Sonda Local (SPM, Scanning Probe Microscopy) es un instrumento que utiliza una sonda o punta que se aproxima a una superficie y es capaz de detectar una interacción local entre la sonda y los átomos de la superficie. Entre las interacciones locales utilizadas en los SPM se tiene: corriente electrónica (Binnig1982) y distintas fuerzas (van der Waals, electrostática, magnética, etc) (Binnig1982), entre otras. Debido a estas interacciones el SPM proporciona información acerca de la superficie en estudio, lo cual si lo unimos a un sistema de posicionamiento con percusión sub-nanométrica, le confiere una gran capacidad de visualización o reconstrucción topográfica (Binnig1982, Binnig1999), manipulación (Eigler1990, Sugimoto2008, Crommie1993) y caracterización como sonda espectroscópica,

Tema: Desarrollo y aplicaciones científicas y tecnológicas.

Principal área: Física

Sáenz-Arce, G. (2019). Propiedades Mecánicas en la Nanoescala. En Y. Morales-López (Ed.), *Memorias del I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional, Costa Rica, 2019* (e188, pp. 1-4). Heredia: Universidad Nacional. doi <http://dx.doi.org/10.15359/cicen.1.54>

proporcionando información sobre la densidad de estados electrónicos (Crommie1993), las fuerzas locales de atracción y repulsión (García2002) , reconocimiento químico de superficies (Sugimoto2007), etc.

G. Binnig y H. Rohrer (Binnig1982) usaban como medida de interacción el corriente túnel entre la punta y la muestra que aparece al situar estas a una pequeña distancia ($< 1\text{nm}$). Este microscopio se ha mostrado como una potente herramienta en el estudio de muchos problemas de la naturaleza en pequeña escala no solo en física, sino también en otras áreas de la ciencia como lo son la química y la biología. Una de las desventajas del STM es que solo puede operar en superficies capaces de transmitir corrientes electrónicas, sin embargo, se han desarrollado otros SPM, como por ejemplo: el microscopio de fuerza atómica (AFM, Atomic Force Microscopy) (Binnig1986), el microscopio óptico de campo cercano (SNOM, Scanning Near-field Optical Microscopy) (Guther1988) o el microscopio de fuerza magnética (MFM, Magnetic Force Microscope) (Martin1987), entre otros, que aprovechan distintos tipo de interacción punta-muestra en su funcionamiento.

En este trabajo se enfocó en la puesta a punto de un AFM comercial modelo NX10 de la empresa Park Systems, ubicado en el Departamento de Física de la Universidad Nacional, Costa Rica. El modo PinPoint™ Nanomechanical de Park Systems es una opción de operación del equipo, permite la simultanea adquisición de datos topográficos y datos de fuerza-distancia (F/D) en cada píxel de toda el área de escaneo. Usando el modo PinPoint™, es posible obtener simultáneamente la morfología de la superficie y las propiedades nanomecánicas cuantificables como: módulo, adhesión, deformación y disipación de la muestra.

La muestra utilizada fue un estándar hecha de polímero que consiste en una matriz de poliestireno (PS) con un módulo nominal de 2 GPa, y una poliolefina de baja densidad (LDPE) con un módulo nominal de 0.1 GPa. Los resultados demuestran la capacidad del modo PinPoint™ para diferenciar los dominios de las dos superficies con alta consistencia entre los resultados. El cantiléver utilizado fue NCHR con una constante de fuerza de 42 N/m, una frecuencia de resonancia de 330 kHz y un radio de punta del orden de 10nm.

En la figura 1 se presenta una curva F/D en un punto de la muestra donde se muestra cada una de las propiedades mecánicas. A partir de dicho gráfico se puede determinar el módulo se puede definir como la pendiente de la curva una vez entra en contacto la punta y penetra dentro de la muestra. La adhesión es la mínima fuerza cuando la punta se está separando de la muestra. La deformación es la distancia desde el punto de máxima fuerza aplicada o límite de fuerza aplicada y el punto de separación de la muestra. La disipación es el área entre las curvas de fuerza en la aproximación y la separación.



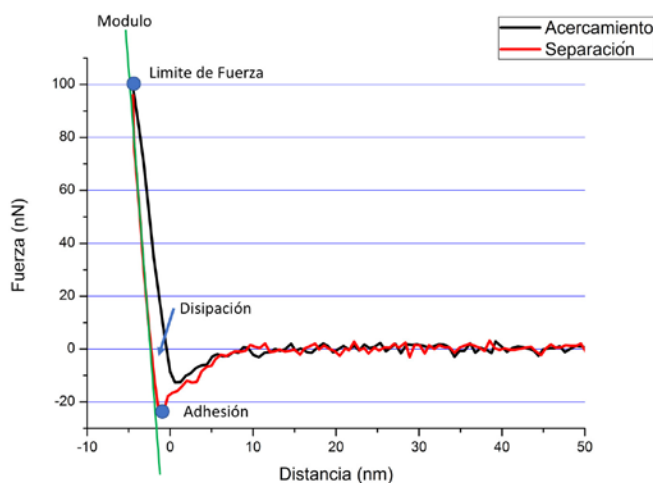


Figura 3. Espectroscopia de fuerza-distancia

En esta metodología, mientras se mide la morfología de la muestra, el escáner XY se detiene en cada punto de adquisición de datos, y toma una rápida curva F/D a una fuerza de contacto finamente controlada.

En la figura 2 se presentan las imágenes de topografía, adhesión, módulo y disipación para la muestra de PS/LDPE.

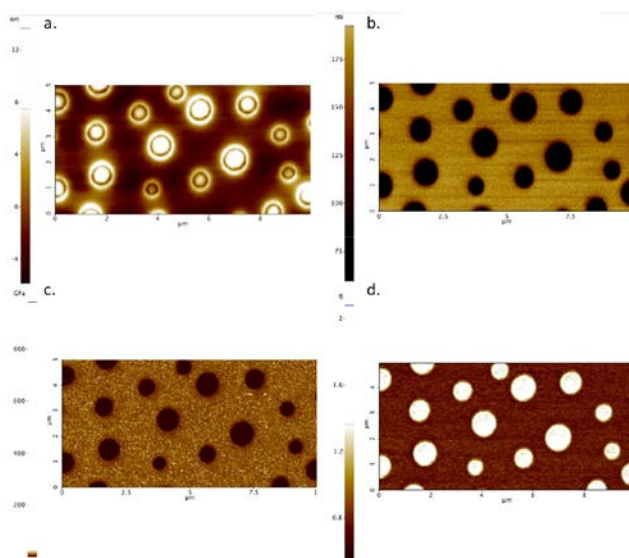


Figura 3. Imágenes de a. topografía, b. adhesión, c. módulo y d. disipación.

A partir de la puesta a punto del método de medición será posible cuantificar las propiedades nanomecánicas como módulo de elasticidad y adhesión de muestras poliméricas, nanopartículas, partes de baterías de litio, así como muestras biológica tales como: virus, proteínas, membranas lipídicas entre otra.



Referencias

- G. Binnig and H. Rohrer (1982) *Scanning tunneling microscope*. Helvetica Physics Acta, vol. 55, pp. 726–753.
- G. Binnig, C. F. Quate, and Ch. Gerber (1986). *Atomic force microscope*. Phys. Rev. Lett., vol. 56, no. 9, pp. 930–933.
- G. Binnig and H. Rohrer (1999). *In touch with atoms*. Rev. Mod. Phys., vol. 71, no. 2, pp. S324–S330.
- D. M. Eigler and E. K. Schweizer (1990). *Positioning single atoms with a scanning tunnelling microscope*. Nature, vol. 344, pp. 524–526.
- Y. Sugimoto, P. Pou, O. Custance, P. Jelinek, M. Abe, R. Perez, and S. Morita (2008). *Complex patterning by vertical interchange atom manipulation using atomic force microscopy*. Science, vol. 322, no. 5900, pp. 413–417.
- M. F. Crommie, C. P. Lutz, and D. M. Eigler (1993). *Confinement of electrons to quantum corrals on a metal Surface*. Science, vol. 262, no. 5131, pp. 218–220.
- R. García and R Pérez (2002)., “Dynamic atomic force microscopy methods”, Surface Science Reports, vol. 47, no. 6-8, pp. 197–301.
- Y. Sugimoto, P. Pou, M. Abe, P. Jelinek, R. Perez, S. Morita, and O. Custance (2007), “Chemical identification of individual surface atoms by atomic force microscopy”, Nature, vol. 446, no. 7131, pp. 64–67, Mar 2007.
- P. Guther, U.Ch. Ficher, and K. Dransfeld (1988) “Scanning near field acoustic microscopy”, Appl. Phys. B: Laser and Optics, vol. 48, no. 1, pp. 89–92.
- Y. Martin and H.K. Wickramasinghe (1987) “Magnetic imaging by force microscopy with 1000 Å resolution”, Appl. Phys. Lett., vol. 50, no. 20, pp. 1455–1457.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

