

## **CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES MEDIANTE NANOINDENTACIÓN Y MICROSCOPIA DE BARRIDO POR SONDA COMBINADAS**

María P. Suárez (1) y Patricia M. Frontini (1)

(1) Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina  
mpsuares@fi.mdp.edu.ar

La nanoindentación instrumentada, NIIT, es una técnica de caracterización muy particular debido a su capacidad para determinar propiedades mecánicas a escala submicrómica. Una prueba de NIIT es en principio similar a la dureza tradicional ya que una punta dura se pone en contacto con el material a ensayar. Si bien, la dureza tradicional provee solamente un único valor de deformación a una determinada carga, la NIIT posee la capacidad de monitorear en forma continua la carga aplicada y el desplazamiento de la punta durante la penetración de la punta. Esto permite determinar en forma cuantitativa las propiedades mecánicas del material (Módulo de Young (E), dureza (H), resistencia al rayado, fractura etc.). NIIT resulta particularmente apropiada para ensayar pequeños volúmenes de material como películas delgadas, partículas, materiales multifásicos, microdispositivos, propiedades locales, etc. Se puede utilizar para caracterizar metales, cerámicos, polímeros, materiales blandos, materiales biológicos, semiconductores etc. Más allá de su capacidad para medir propiedades mecánicas utilizando volúmenes pequeños, la nanoindentación moderna aparece como una técnica fundamental para el estudio de la física de materiales gracias a la capacidad adicional de los equipos de última generación de producir imágenes SPM “in-situ” de la superficie indentada. El objetivo de esta presentación es ilustrar con ejemplos las capacidades de medición y observación que surgen de la nanoindentación complementada con microscopía de punta para caracterización de materiales. En un ensayo de NIIT la punta de diamante de geometría conocida (Berkovich, esférica, cilíndrica, Vickers, etc) penetra sobre el material mientras se registra de manera continua la carga normal aplicada y el desplazamiento de la sonda hacia el interior de la superficie de la muestra (Figura 1). Si existe deformación plástica, la curva de descarga no coincide con la de carga y la profundidad de penetración final resultará distinta de cero. Utilizando los datos de la curva carga-desplazamiento se pueden determinar la dureza y el módulo elástico. En un ensayo de nanorrayado la punta se desplaza lateralmente sobre la superficie mientras se aplica una fuerza normal. Se registran en forma continua la fuerza lateral y el desplazamiento normal de la punta durante el proceso. El accesorio SPM in situ genera imágenes de alta resolución con la misma punta que se utiliza para realizar los ensayos nanomecánicos, permitiendo ubicar la posición a indentar con precisión y obteniendo información sobre la topografía de la superficie y de la deformación resultante luego de la indentación. Las figuras 2-4 muestran diferentes ejemplos de pruebas realizadas usando un equipo Hysitron [1]. Los ensayos nanomecánicos permiten analizar mecánicamente materiales a escalas muy pequeñas y a muy alta resolución. La generación de la imagen SPM in situ brinda información complementaria relevante de manera sinérgica. Se espera que esta técnica experimental juegue en el futuro un rol protagónico en el desarrollo de teorías capaces de interpretar el comportamiento de los materiales a escala nanométrica.

### **REFERENCIAS**

[1] [www.hysitron.com/products-services/standalone-instruments/ti-950-triboindenter](http://www.hysitron.com/products-services/standalone-instruments/ti-950-triboindenter)

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al Laboratorio de Análisis de Superficies del INTEMA por el uso de las facilidades y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica que financió el proyecto.

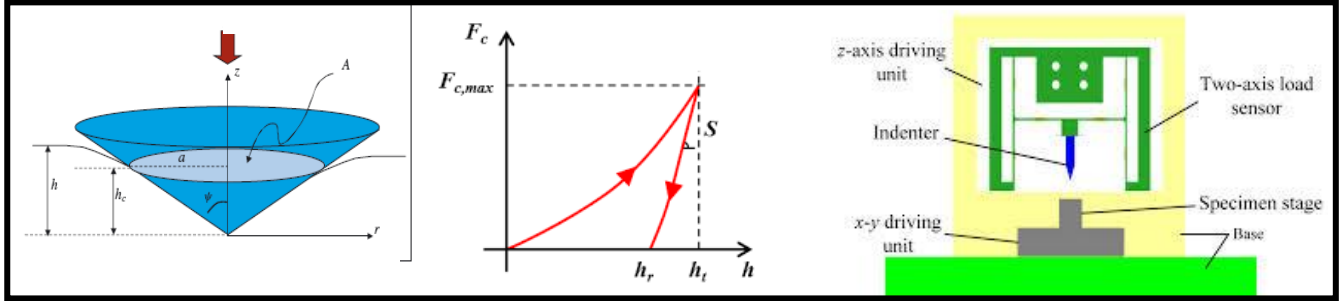


Figura 1. Esquema de la Técnica Instrumentada de Nanoindentación.

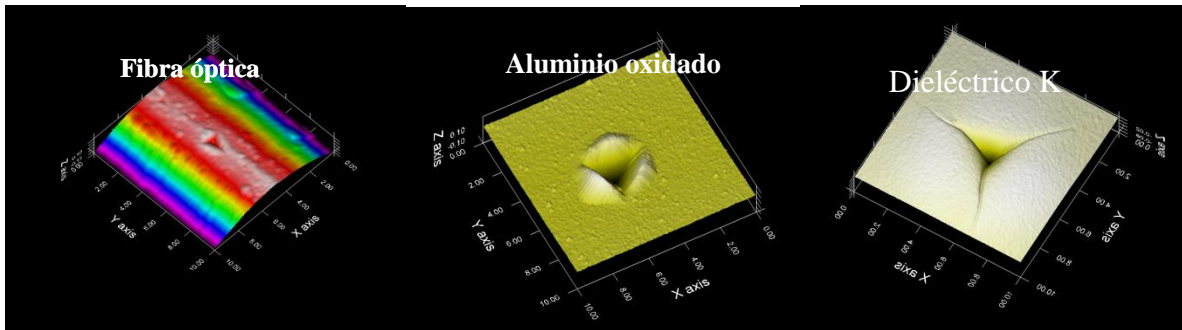


Figura 2. Imágenes SPM: Huellas de deformación plástica luego de una nanoindentación (izq. y centro) y fisuras propagando desde los ángulos del indentador (der.).

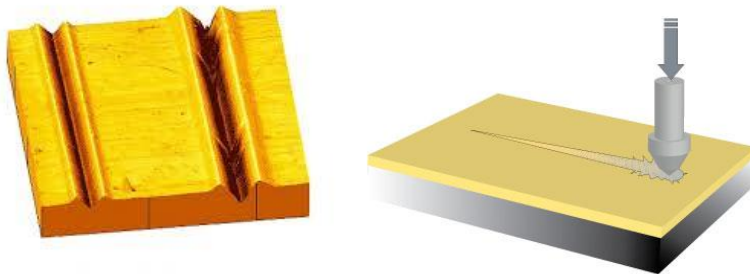


Figura 3. Topografía de una superficie luego de un nanorayado (izq.) y esquema de la prueba (der.).

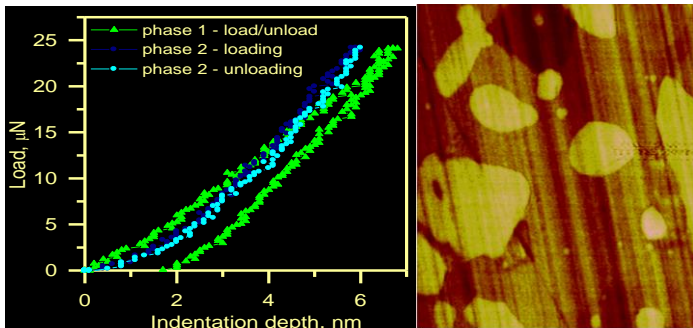


Figura 4. Mapeo de módulo de un material bifásico realizando indentaciones a partir de una imagen óptica in situ.