Caracterización estructural mediante SPM

Agustín López Pedroso

La caracterización superficial de diferentes sistemas mediante la técnica de escaneo por sonda (SPM) consisten en un conjunto de técnicas que permiten realizar mapeos con resolución atómica de la superficie de diversos materiales sólidos para obtener la topografía, encontrar defectos, escalones y otro tipo de estructuras de interés. Las propiedades físicas de la sonda a utilizar dependen fuertemente del tipo de experiencia a realizar. En el caso de la microscopía de efecto túnel (STM) se requiere una sonda conductora extremadamente delgada, mientras que para la técnica de microscopía de fuerza atómica (AFM), no es necesario que la punta sea conductora pero debe estar montada sobre un fleje flexible (cantiléver) para permitir el censado de la fuerza aplicada sobre la misma.

En el caso de la técnica de AFM, la punta interactúa mediante fuerzas dipolo-dipolo con la superficie del material. Al encontrar defectos o cambios en la superficie de la muestra se produce un cambio en la fuerza aplicada sobre la sonda produciendo una deflexión de la misma. La deflexión se registra mediante la utilización de un láser. Al cambiar la posición de la sonda, cambia la reflexión del láser (Fig.1) y dicho cambio es registrado por cuatro fotodetectores, que permiten obtener tanto el desplazamiento vertical (altura) como el desplazamiento horizontal (rozamiento).

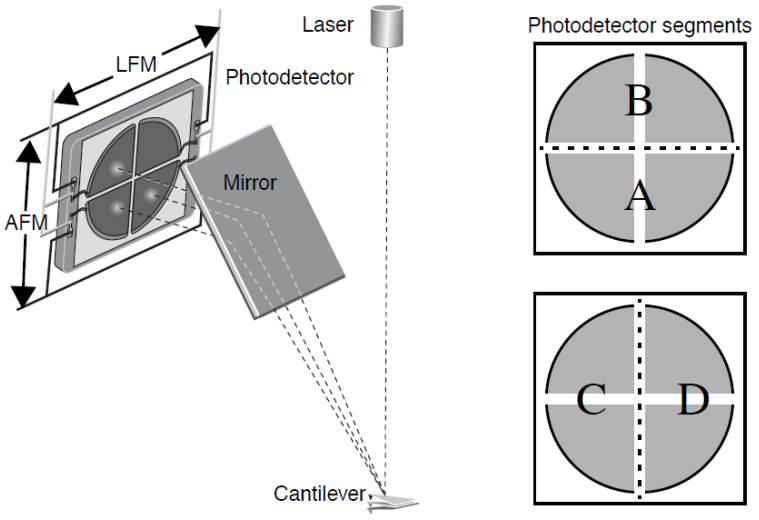

Fig.1: Esquema de un sistema AFM utilizado para censar los cambios en la deflexión de la sonda.

Dentro de la técnica AFM, se pueden encontrar dos modos principales de medición, contacto y contacto intermitente (tapping). En el modo contacto la punta mantiene contacto constantemente sobre la superficie de la muestra donde el parámetro de control es la fuerza de contacto registrada mediante la deflexión de la punta. En el caso del modo tapping se hace vibrar a la punta entorno a su frecuencia de resonancia

tocando intermitentemente, en uno extremos de la oscilación, la superficie del material. El parámetro de control para este modo es la amplitud de oscilación, ante cualquier cambio en la superficie de la muestra se produce un cambio en la amplitud. En ambos casos la muestra se monta sobre un piezoeléctrico que permite realizar variaciones muy precisas de la posición vertical y horizontal de la muestra.

Tanto en modo contacto como en modo tapping, las variaciónes del parámetro de control son registradas por los fotodetectores siendo la señal de salida comparada con un setpoint. En el caso del modo contacto, el setpoint es la fuerza aplicada mientras que en el modo tapping es la amplitud RMS de la sonda. Luego de comparada las señales se registra el resultado y se aplica una señal sobre el piezoeléctrico, que compensa la variación del parámetro respecto del setpoint. De esta manera es posible reconstruir la topografía del material analizando el movimiento vertical del piezoeléctrico en función de la posición XY de la muestra. En la Fig. 2 se exhiben los esquemas del lazo de control para ambos modos. En todos los casos la señal aplicada sobre el piezoeléctrido debe ser adaptada mediante la utilización de un controlador PID, para optimizar la respuesta evitando reacciones lentas del sistema o exceso de fuerza sobre la punta que podrían ocasionar daños sobre la misma o sobre la superficie de la muestra.

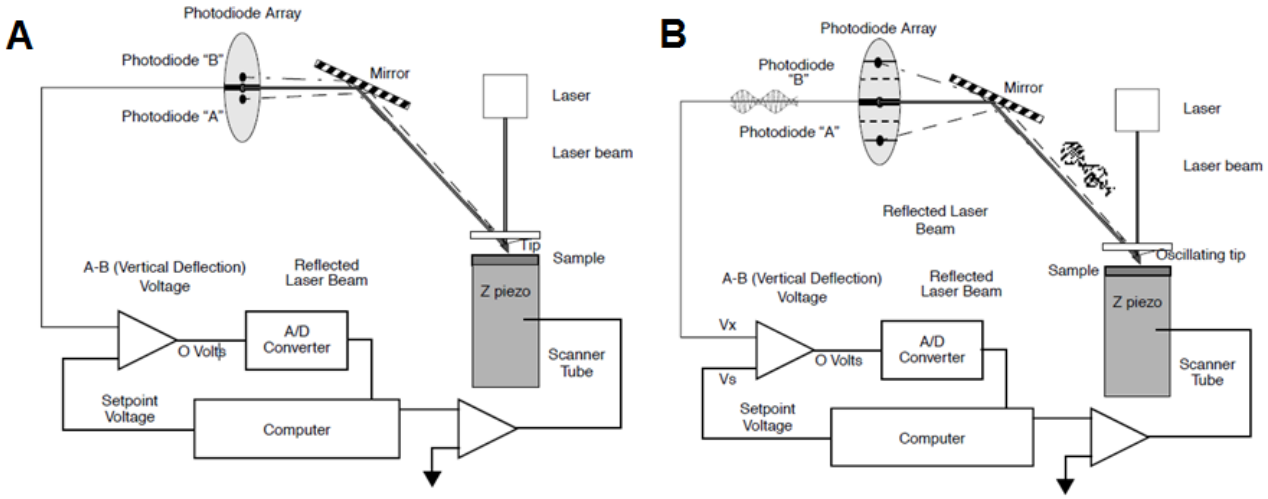

Fig.2: Esquema del lazo de control para el modo contacto(A) y para el modo tapping(B).

Referencias

- *"Scanning Probe Microscopy: The Lab on a Tip"*. E. Meyer, H. J. Hug, R. Bennewitz. (Springer, 2004).
- *"MultiMode SPM Instruction Manual"*. Vecco Instruments Inc. (2004)