

## Teoría de Microscopía de Fuerzas Atómicas Multifrecuencia.

*José Luis Rodríguez Lozano, Ricardo García García*

*Instituto de Microelectrónica de Madrid, CSIC, Isaac Newton 8, 28760 Tres Cantos, Madrid,  
España*

[joseluis@imm.cnm.csic.es](mailto:joseluis@imm.cnm.csic.es), [rgarcia@imm.cnm.csic.es](mailto:rgarcia@imm.cnm.csic.es)

### Resumen

La búsqueda de mayor resolución composicional y sensibilidad a escala molecular ha llevado a explorar la toma de imágenes en microscopía de fuerzas atómicas (AFM) mediante el análisis de armónicos superiores de la señal oscilatoria, así como excitando otras resonancias modales (torsionales o flexurales) de la micropalanca. En la actualidad, el AFM está experimentando la evolución desde la excitación y detección del movimiento de la punta del cantilever a una sola frecuencia, hacia esquemas de excitación y detección multifrecuencia.

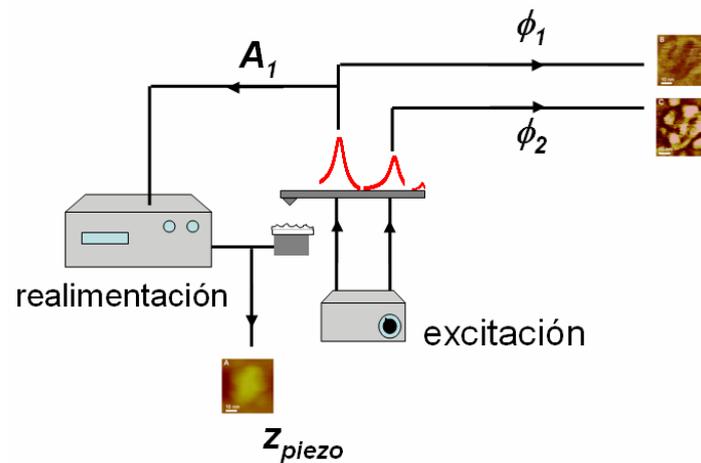
Recientemente, la llamada técnica “bimodal”[1], en la que se excitan simultáneamente las dos primeras resonancias flexurales de la micropalanca, ha conseguido proporcionar imágenes de fase ( $\phi_2$ ) bajo interacciones punta muestra no disipativas [2]. Con ello se abre la posibilidad de observar, por ejemplo, muestras biológicas en régimen de fuerzas atractivas pequeñas (en torno a los 100 pN), de forma que se minimiza el daño que se pudiera realizar sobre la superficie [3].

En este trabajo [4] desarrollamos un modelo teórico que explica el origen de la alta sensibilidad observada en experimentos de microscopía de fuerzas multifrecuencia. La capacidad del microscopio para extraer información complementaria sobre las propiedades de la superficie se ve aumentada por la excitación simultánea de dos o más modos flexurales de vibración del cantilever. El modelo analítico identifica el virial y la energía disipada por la fuerza punta-muestra como los parámetros responsables del contraste de material. El acuerdo obtenido entre teoría, experimentos y simulaciones numéricas apoya el modelo.

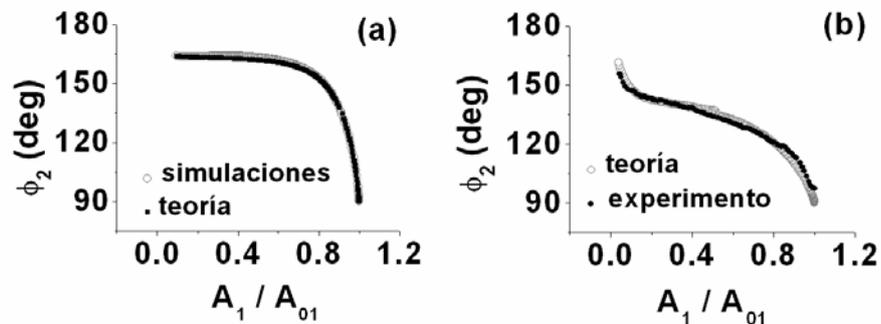
### Referencias:

- [1] Rodríguez, T. R. and García, R. *Appl. Phys. Lett.*, **84** (2004) 449.
- [2] Martínez, N. F.; Patil, S.; Lozano, J. R.; Garcia, R. *App. Phys. Lett.*, **89** (2006) 153115.
- [3] Patil, S.; Martínez, N. F.; Lozano, J. R.; Garcia, R. *J. Molec. Recognit.*, **20**, (2007) 516.
- [4] Lozano, J. R. and Garcia, R. *Phys. Rev. Lett.*, **100** (2008) 076102

## Figuras:



**Figura 1.** Esquema del montaje experimental para poner en práctica la técnica bimodal. La micropalanca se excita simultáneamente a las dos primeras resonancias y mediante el *lock-in* se extrae amplitud y fase del primer modo, mientras que con un *lock-in* adicional se extrae la fase del segundo modo.



**Figura 2.** Dependencia de la fase del segundo modo de la oscilación con respecto a la amplitud del primer modo normalizada. (a) Comparación entre modelo analítico y simulaciones numéricas. (b) Comparación entre modelo analítico y curva experimental tomada sobre mica [4].