

## Las herramientas para llegar al nanómetro: microscopios de Efecto Túnel y microscopios de Fuerzas Atómicas

Los microscopios de Efecto Túnel (STM) y de Fuerzas Atómicas (AFM) se inventaron en los años 80 y gracias a ellos hemos podido llegar a «mirar», estudiar y manipular las superficies a escala de átomos y de nanómetros. Sin estas herramientas muchos de los resultados científicos y tecnológicos de la nanoescala obtenidos en los últimos 20 años no hubieran sido posibles. Actualmente son considerados como herramientas esenciales para el desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología.

Su funcionamiento es análogo a cómo una persona que no ve puede, con su bastón, caminar por una superficie y saber cómo es ésta: si tiene escalones que suben o bajan, si es lisa o rugosa o si es blanda o dura. El STM y el AFM barren con una punta muy pequeña y afilada a lo largo de una superficie y muy cerca de la misma. El mecanismo sensor es la variación de la corriente túnel entre punta y muestra (STM) o la interacción de fuerza entre punta y muestra (AFM). Basándose en el valor medido de estas señales en cada punto de la superficie, el sistema electrónico de control del microscopio mantiene constante la distancia entre punta y muestra en todas las posiciones de la punta sobre la superficie. Simultáneamente, el sistema va almacenando la información en cada punto para construir mapas de la topografía y de otras propiedades de la superficie.

El STM fue el primero en ser inventado y poco después aparecía el AFM. Luego han seguido desarrollándose modos avanzados de medida que permiten caracterizar diferentes propiedades de las superficies en la nanoescala: mecánicas (adhesión, fricción...), electrostáticas, magnéticas, etc. Asimismo pueden manipularse las superficies moviendo átomos o nanopartículas individualmente, oxidando localmente o indentando la punta en la superficie a escala de nanómetros.

Con estos modos avanzados de medida y su capacidad de trabajar

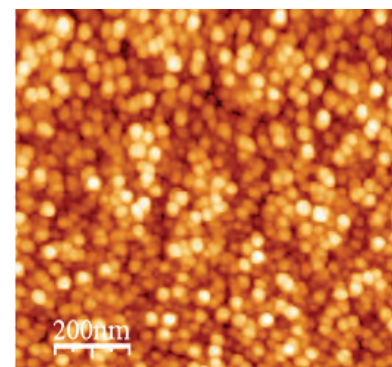
en entornos diferentes —aire, líquido o vacío— estas herramientas pueden aplicarse a multitud de campos de investigación, desde desarrollo de nuevos materiales hasta biología. Asimismo, aunque hasta ahora se han utilizado principalmente en investigación básica, ya se están introduciendo en investigación aplicada y en control de calidad en la industria. En pocos años, el AFM será una herramienta rutinaria de caracterización como lo es ahora la microscopía óptica o, en algunos casos, la electrónica.

Se pueden mencionar distintos sectores que actualmente ya utilizan tecnología que implica un control de la estructura superficial a escalas micro-nanométrica. El AFM es una herramienta esencial de caracterización en los productos o procesos industriales relacionados con recubrimientos de superficies, por ejemplo, para mejorar propiedades ópticas, de fricción, antimanchas, antiadherentes, anticorrosión y, en general, todas aquellas aplicaciones en las que la estructura de la superficie a escala nano-micro define o influye en el comportamiento, función o vida útil de la superficie. En este tipo de aplicaciones podrían englobarse materiales de muchos tipos, desde cerámicas hasta plásticos o vidrios de alto interés en sectores tan importantes como la construcción, energía solar, automoción, pinturas, envasado de alimentos, etc.

También en los sectores de construcción, aeronáutico y automoción es

interesante la caracterización con AFM de *composites*, materiales mixtos que incorporan nanopartículas de un material en una matriz de otro material, consiguiendo así unas propiedades muy determinadas del resultante. La distribución de dichas partículas, así como su tamaño y estructura y también la adherencia de las mismas con el material de la matriz, son factores importantes para la calidad, las propiedades y la vida útil del producto final.

El potencial del AFM en el campo de la biotecnología, alimentación y biomedicina es también muy elevado, englobando la posibilidad de caracterizar nanopartículas o estudiar tejidos, células, virus o biomoléculas, así como procesos dinámicos de las mismas en entorno líquido manteniendo sus condiciones ambientales. Otras áreas de aplicación importantes del AFM son la de semiconductores, la de almacenamiento de información magnética y la de caracterización de propiedades conductoras de moléculas y capas delgadas.



→ Imagen topográfica de AFM de Nanopartículas sobre una superficie.