

## NANOMATERIAIS

### Ciencia e tecnoloxía de futuro

*J. Rivas*

*M.A. López Quintela*

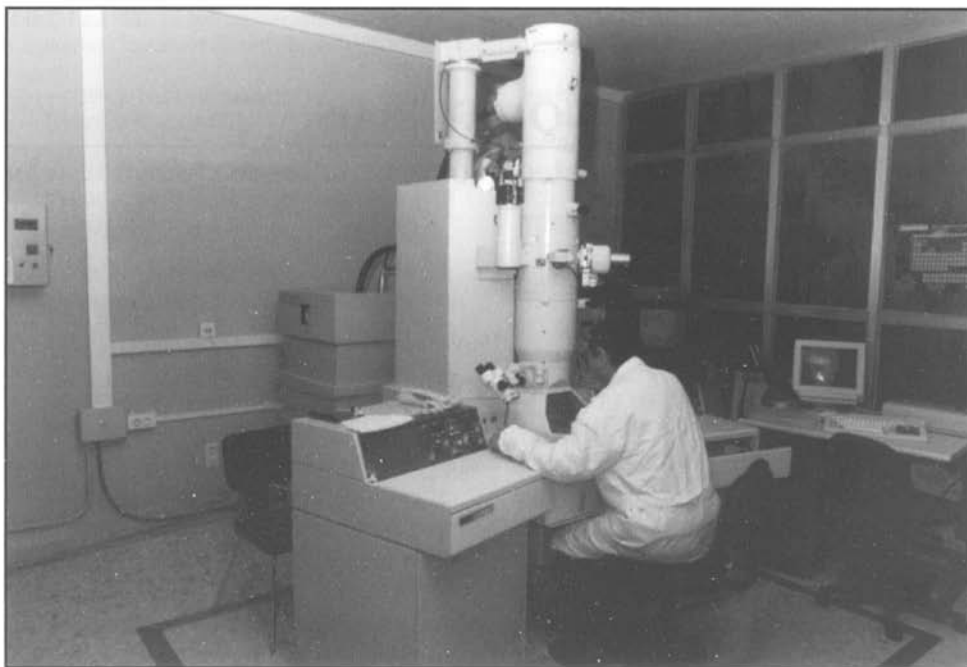
Universidade de Santiago de Compostela

Ó dividir un sólido en partes máis pequenas, as súas propiedades van cambiando gradualmente, e obsérvase que estas partes presentan propiedades diferentes dos sólidos macroscópicos, dos líquidos e dos gases. Para observar este cambio de propiedades é necesario que as dimensións acadadas ó dividi-lo sólido estean no rango nanométrico. Aparece así unha nova fase da materia, que presenta cuestións fundamentais aínda sen resolver na física e na química actuais e que é dun extraordinario interese nas tecnoloxías actuais e futuras: Nanotecnoloxías.

A primeiros deste século, as ciencias experimentais sufriron unha grande transformación co descubrimento do mundo atómico. A explicación coherente do átomo, coa introducción da teoría cuántica, permitiu comprender moitas das propiedades da materia e supuxo un dos avances máis importantes (se cadra o meirande) da historia da humanidade. Con todo, para a maior parte das aplica-

cións tecnolóxicas, o átomo (ou agrupacións duns poucos átomos), como entidade material utilizable, non foi de utilidade práctica, e únicamente se empregou a teoría atómica para comprender moitos aspectos relacionados co comportamento da materia utilizada nas aplicacións. A non utilización directa do átomo debeuse, maiormente, a que non se posuía unha tecnoloxía axeitada para manexa-los átomos -salvo, quizais, en estado gaseoso, de menor importancia tecnolóxica-, nin tampouco técnicas abondo sensibles como para detecta-las propiedades de un só (ou duns poucos centos de átomos). Pero esta falta de utilización da materia no ámbito atómico, debeuse tamén a que non había necesidade real de emprega-la materia a escala tan reducida.

Durante o presente século, a tecnoloxía caracterizouse por posuír un factor común: a utilización de compoñentes cada vez máis pequenos e que realizan un maior número de funcións.



Microscopio de Transmisión Electrónica para obter tamaño, forma e estrutura dos nanomateriais.

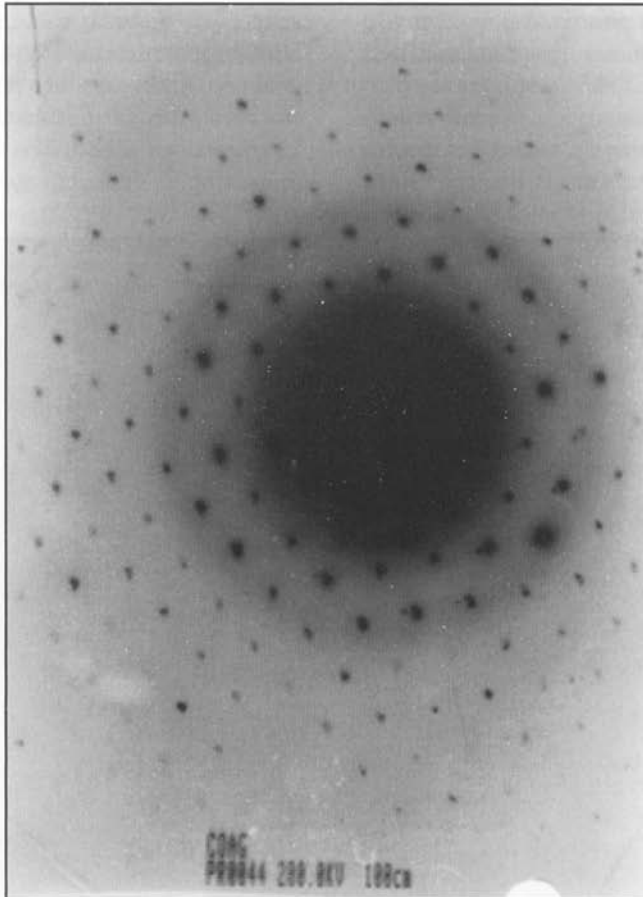
Nesta vertixinosa carreira [capitaneada pola microelectrónica], emprendida para miniaturar cada vez máis os diversos compoñentes, pasouse, nesta fin de século, do mundo microscópico, no que os materiais utilizados tiñan tamaños micrométricos, ó mundo nanoscópico, no que os materiais comezan a ter, realmente, dimensións próximas á atómica. Con isto, cambiou de forma radical o procedemento de investigación na ciencia dos materiais. Ata hai pouco, o obxectivo prioritario estaba centrado no coñecemento das propiedades dos materiais, co fin de atopar posibles aplicacións para os mesmos. Hoxe en día, sen embargo, téntase obter materiais complexos, formados pola xustaposición de

diferentes sistemas nanoscópicos, que teñan as propiedades requiridas polas necesidades específicas que demanda a axiña cambiante tecnoloxía actual.

Son dous os aspectos básicos que han regular, máis ou menos, a utilización tecnolóxica destes materiais de dimensións reducidas: o desenvolvemento de tecnoloxías axeitadas para a manipulación de materiais a escala atómica, e de teorías que permitan a explicación das novas propiedades que parece que se encontran nestes materiais de dimensións reducidas. Para describir estes sistemas que teñen un tamaño entre o mundo atómico (preferentemente caracterizado pola mecánica cuántica)

e o macroscópico (que pode ser interpretado, en moitos casos, tanto a través da mecánica cuántica coma da mecánica clásica), introduciuse o termo "sistemas mesoscópicos", que son sistemas que se atopan nun estadio intermedio e que parece que, en moitos casos, non responden axeitadamente a ningún dos enfoques anteriores. Unha das tarefas fundamentais da ciencia neste próximo século será, polo tanto, esclarecer este campo

difuso -ata o momento- e atopar teorías coherentes para o comportamento destes sistemas. Mediante o estudo dos nanomateriais poderase segui-lo crecemento da materia desde a fase gaseosa ata a fase sólida, o que permitirá obter unha visión máis unificada do mundo que nos rodea. Deste xeito, os físicos e químicos terán que responder, nun futuro próximo, a cuestións coma estas: ¿cantos átomos debe conter un nanoma-



Difracción de electrones de alta resolución mostrando as componentes amorfa e cristalina dun nanomaterial.

terial para presentar propiedades diferentes dun sistema macroscópico? ¿Como varía a estrutura atómica e as propiedades fisicoquímicas ó reduci-lo tamaño dos materiais?

O intento de dar resposta a estas cuestións fundamentais impulsou nestes últimos anos o desenvolvemento de técnicas experimentais para a produción de nanomateriais. As técnicas de obtención destes materiais mesoscópicos de tamaños nanométricos desenvolvidas ata o momento presente son moi variadas, e van desde complicados procedementos, entre os que se pode salienta-lo crecemento epitaxial por feixes moleculares, ata procedementos moito

máis sinxelos e versátiles, aínda que, polo momento, máis imprecisos, debido á súa recente aparición, dos que poden ser exemplo as técnicas sol-xel, as técnicas de microemulsións, etc.

A caracterización dos diferentes materiais obtidos, ou sexa, o estudo do seu tamaño, forma, estrutura e propiedades non foi posible ata datas recentes, coa incorporación de novas técnicas de estudio, entre as que se pode salienta: as técnicas baseadas na radiación de sincrotrón, ás que sen dúbida se dará un gran pulo en Europa, nos próximos anos, coa recente construción do Sincrotrón Europeo, en Grenoble, e os novos microscopios de efecto túnel, con reso-



Equipo de difracción de Rayos X utilizado para a determinación das estruturas cristalinas.

lución de Angstroms, que revolucionaron totalmente o concepto da microscopía -por este descubrimento, Rohrer e Binnig recibiron o premio Nobel en 1986- e que permitiu, hoxe en día, chegar a ver, realmente, os materiais no ámbito atómico.

Todos estes factores contribuíron, nestes últimos anos, ó logro de importantes avances no campo dos sistemas nanoscópicos. Con todo, ademais das cuestións fundamentais, aínda quedan moitos problemas sen resolver. Entre os interrogantes que formula a ciencia destinada ó estudio destes sistemas, podemos salienta-los seguintes:

- ¿Constituirán, realmente, os sistemas nanoscópicos un novo material industrial de ampla aplicación, tal como é o caso, actualmente, dos materiais microscópicos?

- ¿En que momento os sistemas nanoestructurados, que van crescendo desde un único átomo ata chegar a converterse nun sistema micro ou macroscópico, comezan a exhibir as propiedades destes últimos sistemas e cal é o mecanismo responsable deste cambio de comportamento no proceso átomo-sistema-material micro/macrocópico?

- ¿A partir de que tamaño os conxuntos de átomos que forman os sistemas nanoscópicos comezarán a presentar actividade biolóxica?

- ¿Que papel desempeñan estes sistemas nanoscópicos no proceso de

nacemento e morte das estrelas e, polo tanto, na formación do Universo?

- ¿Será posible nos próximos anos, coa combinación axeitada de teorías e computadoras máis potentes, comprender estes sistemas nanoscópicos e, polo tanto, poder deseñar asociacións intelixentes de materiais con propiedades fixadas de antemán (enxeñería de materiais no ámbito atómico)?

Non é fácil responder a estas cuestións. Aínda que nesta última década os investigadores en nanomateriais desenvolveron unha verdadeira ciencia interdisciplinar, a química e a física desta nova fase da materia atópase aínda dando os seus primeiros pasos. O coñecemento que xa hoxe se acadou nesta área permite predici-la aparición de resultados espectaculares, nos próximos anos, que poden cambiar substancialmente as tecnoloxías, en campos tan diversos como a ciencia dos materiais, a electrónica, as comunicacións, as ciencias da saúde, etc. O tempo ten a palabra.

## BIBLIOGRAFÍA

- Awschalom, D.D., e D.P. Di Vincenzo: "Complex Dynamics of Mesoscopic Magnets", *Physics Today*, abril, 1995.
- Duncan, M.A., e D.H. Ronvray: "Microagregados", *Física del Estado Sólido*, ed. de J.A. Alonso), Prensa Científica, 1993.
- Hayashi, C.: "Ultrafine Particles", *Physics Today*, decembro, 1987.
- Prinz, G.A.: "Spin-polarized Transport", *Physics Today*, abril, 1992.

(Revista Galega do Ensino, 10, febreiro, 1996)