

NANOTECNOLOGIA

Hoja Informativa

JUNIO 2006

OVIEDO • Nº 2



TNT2005-Oviedo



TNT2006-Grenoble



Universidad de Oviedo

NANOTECNOLOGÍA

Hoja Informativa

Director:

Orlando Carreño

Coordinador:

José María Alameda

Han colaborado en este número:

José María Alameda, Orlando Carreño, Fernando Moreno-Herrero, Pilar Herrero, Fernando Moreno, José Rodríguez García, Jose Manuel Costa Fernández, Rosario Pereiro, Alfredo Sanz Medel, Juan Ignacio Paredes Nachón, Amelia Martínez Alonso, Juan Manuel Díez Tascón, Ricardo Tucho Navarro

Edita:

Nanotecnología Mundo

Financiación de impresión:

Universidad de Oviedo

Imprenta:

Gofer

Depósito Legal:

As-3.305/2005

Dirección:**Nanotecnología Hoja Informativa**

Apartado 461 AP Oviedo (España)

E-mail: orlan@telefonica.net

SUMARIO

EDITORIAL**Orlando Carreño y José María Alameda**

Pág. 3

INICIATIVAS EN NANOTECNOLOGÍA*The Canadian Nanobusiness Alliance***Orlando Carreño**

Pág. 4

PREMIOS*XV Premio DuPont de la Ciencia, sobre Nanotecnología*

Pág. 4

*NESCO, ganadora del**"JEC Composites Awards" de la Construcción*

Pág. 5

FUNDACIONES, ORGANISMOS Y PROGRAMAS*La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)***Orlando Carreño**

Pág. 5

LA NANOTECNOLOGÍA EN ASTURIAS*La microscopía de fuerzas atómicas y su aportación a la biología molecular y biomedicina***Fernando Moreno-Herrero, Pilar Herrero, Francisco Moreno**

Pág. 6

*La técnica de escritura láser y sus aplicaciones***José Rodríguez García**

Pág. 9

*Nanociencia y nanotecnología en el grupo de "Espectrometría Analítica" de la**Universidad de Oviedo***Jose Manuel Costa Fernández,****Rosario Pereiro, Alfredo Sanz Medel**

Pág. 11

*Los nanotubos de carbono: preparación, propiedades y aplicaciones***Juan Ignacio Paredes Nachón,****Amelia Martínez Alonso,****Juan Manuel Díez Tascón**

Pág. 14

*Los microsistemas y las microtecnologías***Ricardo Tucho Navarro**

Pág. 17

LA NANOTECNOLOGÍA EN SECTORES INDUSTRIALES*La Nanotecnología avanza en el sector de la Construcción***Orlando Carreño**

Pág. 19

REDES TEMÁTICAS*La Red Nanotechnology Researchers Network Center, de Japón*

Pág. 21

CALENDARIO INTERNACIONAL DE CONGRESOS Y JORNADAS

Pág. 22

CONTRAPORTADA

El congreso

Trends in Nanotechnology 2006-Grenoble

4 al 8 de septiembre 2006

Portada: Fotografía del congreso TNT2005-Oviedo. Sede del congreso TNT2006- MINATEC (Grenoble). Imagen de fondo: Dominios magnéticos en láminas delgadas observados mediante MFM (cortesía de G. Rodríguez y R.Cid). Imagen AFM del escudo histórico de la Universidad de Oviedo fabricado en silicio mediante litografía por haz de electrones (cortesía de A. Pérez-Junquera y M.Vélez)

La nanotecnología prosigue su avance en los países más desarrollados, donde continúa penetrando en diferentes sectores y campos, bien en forma de investigación y estudio, que es lo más usual, bien proporcionando ya unos primeros productos y aplicaciones. Es, hoy por hoy, en un conjunto de países más avanzados donde se encuentran los núcleos de excelencia, los principales centros y laboratorios de nanotecnología, el mayor número de científicos, y en los que aquella atrae crecidas cantidades de inversiones. También es en ellos, sin duda, donde en los círculos del poder ha cristalizado la convicción de que la nanotecnología constituye una de las principales avenidas por la que hay que transitar para el desarrollo económico y científico-tecnológico a medio y, sobremanera, a largo plazo. Que cuando se habla de sociedad de la información o sociedad del conocimiento, como meta a alcanzar, la nanotecnología va incluida estrechamente en estos conceptos.

Hay países ante los que espejea la posibilidad de poder coger un atajo en este período de transición y cambios rápidos al que asistimos. De provocar una clara mejora de sus posiciones, o de modificar el equilibrio pasando directamente al núcleo de cabeza. Esto últimos podrían ser los casos de Corea del Sur y de China: cada uno a su propia escala. La nanociencia y la nanotecnología representan a todas luces uno de esos atractivos atajos. Podría decirse que la biotecnología, las tecnologías de la información y la nanotecnología constituyen una triada poderosa, y que van *juntas*, por decirlo así, e influyéndose mutuamente. Volviendo la mirada hacia los países de América Latina, por las vinculaciones de todo tipo con España, se observa que en países como México, Brasil, Argentina, Venezuela, o Costa Rica, se han despegado y se desarrollan los centros de investigación y estudios universitarios centrados en la nanotecnología.

En el avance hacia la denominada "sociedad de la información", o "sociedad del conocimiento", se perfila la nanotecnología como uno de sus ejes principales. En ese proceso resulta imprescindible el desarrollo de la educación y la formación en nanociencia y nanotecnología. La incorporación decidida de estos estudios en los programas de educación, tal como se registra en los países punteros en ciencia y tecnología. Acometiendo decididamente una renovación que exige la multidisciplinaridad y la creatividad.

Respecto a la situación en el Principado de Asturias, cabe destacar el acuerdo establecido recientemente entre el CSIC y el Gobierno del Principado para la creación de un Centro Mixto en Nanociencia, en el que participarán, junto con el INCAR-CSIC, los centros tecnológicos del Principado (Fundación ITMA) y la Universidad de Oviedo.

Eso constituye una excelente oportunidad para desarrollar temas específicos de investigación aplicada en el campo de la Nanotecnología utilizando los recursos humanos y técnicos de los centros implicados. En nuestra opinión, una apuesta decidida para la incorporación de jóvenes doctores con una sólida formación investigadora obtenida en centros de renombre, debería ser uno de los ejes fundamentales de dicha iniciativa. Es necesario alcanzar una masa crítica de investigadores para conseguir que Asturias avance en un campo tan multidisciplinar.

Pero todos estos esfuerzos darían solamente frutos en el desarrollo científico de la región si no se consiguiera paralelamente una implicación efectiva del sector empresarial asturiano, tanto para desarrollar nuevas líneas de actividad aprovechando los hallazgos y la infraestructura investigadora de la región, como para, tomando la iniciativa, proponer líneas de investigación específicas posibilitando la investigación orientada de los grupos pertenecientes a los centros públicos de investigación del Principado. Es evidente que las empresas deberían aprovechar la ayudas públicas para potenciar, o crear en su caso, sus propios departamentos de investigación, fomentando la colaboración con los anteriores.

Durante la primera semana de septiembre del año pasado se celebró en Oviedo el congreso internacional Trends in Nanotechnology. Asistieron del orden de 400 científicos de más de 20 países (www.TNT2005.org). Además del éxito científico de las sesiones, se consiguió una cobertura mediática muy importante. Durante una semana, aparecieron diariamente informaciones sobre el congreso en todos los medios de difusión escrita del Principado. Esto, sin duda contribuyó a difundir en la sociedad asturiana tanto el concepto de la nanociencia, como las implicaciones que la nanotecnología va a tener en el desarrollo del mundo industrializado. Paralelamente a las sesiones del congreso, se realizó una mesa redonda informativa, destinada específicamente al sector empresarial asturiano, en la que participaron investigadores asistentes al congreso que desarrollan su actividad en empresas tanto nacionales como internacionales. Asistieron del orden de una docena de empresarios de la región. Es evidente que todavía no se ha asumido suficientemente la importancia del campo de la Nanotecnología en el desarrollo de nuevos productos de alto valor añadido que paliarían los efectos negativos de la globalización en las actividades industriales tradicionales asturianas. Es necesario un decidido esfuerzo en este sentido por parte de todos los sectores implicados. Para intentar contribuir al mismo, se ha presentado recientemente una propuesta de proyecto ESTIIC a la Comunidad Europea, con el objetivo específico de *difusión y sensibilización en la aplicación industrial de nanotecnologías para la I+D+i de productos y/o procesos en las PYMES*, promovido por el IDEPA y en el que participan la Fundación ITMA, el INCAR-CSIC y la Universidad de Oviedo. Además de una labor prospectiva previa, el objetivo final es conseguir identificar y promover posibles proyectos de I+D+i entre empresas y centros de investigación del Principado.

Se abre esta sección para informar de las Iniciativas que se desarrollan a escala internacional en Nanotecnología

THE CANADIAN NANOBUSINESS ALLIANCE

Orlando Carreño

The **Canadian NanoBusiness Alliance** es una asociación centrada en el área de la nanotecnología, que cuenta con una amplia red de destacados hombres de negocios, inversores, investigadores, universitarios y miembros de agencias gubernamentales canadienses. En su actuación desempeña un papel de referente colectivo en cuanto al mundo comercial y de negocios de la nanotecnología en el Canadá. En esta línea, desarrolla un destacado trabajo de apoyo y desarrollo de las actividades comerciales de distintas entidades y empresas del país.

La **Canadian NanoBusiness Alliance (CNBA)** tiene dos frentes principales de actuación. En primer lugar, el desarrollo de la **Canada National Nanotechnology Initiative**, contribuyendo asimismo a la creación de centros dedicados a la comercialización de productos y aplicaciones de la nanotecnología, y a la promoción de la misma dentro del país. Favoreciendo, al mismo tiempo, su presencia en el terreno internacional. Por otra parte, extiende su apoyo a las principales Iniciativas en Nanotecnología en el mundo

Entre las actividades que despliega la CNBA se tiene la organización de congresos y simposios. Así, la celebración del Canadian Institutes of Health Research Nanoscience Workshop; de la Canada/Europe/United States (CANEUS) Micro/Na-

no Space Conference; y de la Canadian Nanomaterials Crossroads Conference.

Cabe señalar que la **Canada NanoBusiness Alliance** ha recibido 4.55 millones de dólares, como apoyo financiero, del Canada Economic Development y del National Research Council of Canada (NRC), para el desarrollo del NanoInprint Lithography Center, con la producción de avanzadas aplicaciones que van desde biosensores a *lab-on-a-chip*, paneles solares y OLED displays.

La CNBA, con su extensa red en diferentes sectores de la nanotecnología, contribuye igualmente con su liderazgo y conocimientos al establecimiento de programas impulsores de la comercialización de la nanotecnología.

Contacto: Neil Gordon P. Eng, NBA
President, Canadian NanoBusiness Alliance
407 St. Laurent Boulevard, Suite 500
Montréal, Québec, Canada H2Y 2Y5
E-mail : neil.gordon@nanobusiness.ca
Website : www.nanobusiness.ca

NOTICIAS BREVES

EL PREMIO DUPONT DE LA CIENCIA, SOBRE NANOTECNOLOGÍA, CONCEDIDO A JAUME VECIANA

El XV Premio DuPont de la Ciencia fue concedido a Jaime Veciana, profesor de investigación del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (CSIC), por sus destacadas aportaciones en el campo de la nanociencia y la nanotecnología molecular. El Jurado del Premio, presidido por Santiago Grisolia, tomó su decisión por unanimidad. El galardón incluye la cantidad de 30.000 euros

El acto de entrega del XV Premio DuPont de la Ciencia, en su edición de 2005, tuvo lugar en el Auditorio Príncipe de Asturias, de Oviedo, el 26 de enero de este año. Ante el numeroso público asistente, Angeles Alvarez, Secretaria del Jurado del Premio DuPont de la Ciencia, y Directora de la Fundación para el Fomento en Asturias de la Investigación Científica Aplicada y la Tecnología (FICYT), fue la encargada de glosar la figura del premiado, Jaime Veciana. Entre los participantes en la presidencia del acto figuraban Enrique Macián, director general de DuPont en Asturias; el profesor Santiago Grisolia; el vicepresidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, José Manuel Fernández; y el Consejero de Industria del Gobierno de Asturias, Graciano Torre.

El galardonado, Jaime Veciana, nacido en la República de El Salvador, se licenció en Ciencias Químicas en la Universidad de Barcelona, en 1973, en la cual se doctoró en la misma es-

pecialidad. Formó en 1985 el equipo de trabajo multidisciplinar que dirige en la actualidad y que se ha constituido recientemente en el Departamento de Nanociencia Molecular y Materiales Orgánicos, en el Instituto de Ciencia de Materiales del CSIC. Ha publicado 260 artículos y figura en los últimos diez años como uno de los científicos españoles más citados en el campo de la Química.

En su discurso, Jaime Veciana señalaría que el premio le había hecho una doble ilusión, "a nivel personal, porque se premia a mi equipo, y también por el hecho de que se haya reconocido mi disciplina científica. La nanotecnología está desarrollándose con mucha fuerza, pero también con mucho esfuerzo, y me alegra ver que la sociedad, en este caso la industria, valoran sus aportaciones". El Premio DuPont de la Ciencia, auspiciado por el científico Severo Ochoa, fue creado en 1991, para contribuir al desarrollo de la investigación científica y sus aplicaciones, así como para fortalecer la labor de los investigadores en España. Desde el año 2002, la convocatoria del Premio está abierta también al mundo científico de Portugal. Cabe destacar que en la actual convocatoria del Premio Dupont de la Ciencia, para el año 2006, vuelve a ser la Nanotecnología el área temática del premio.

En esta sección irán apareciendo informaciones acerca de las acciones que promueven la cooperación, y organismos que establezcan programas de ayuda al desarrollo de la Nanotecnología, tanto en centros públicos como en empresas

LA FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA (FECYT)

Creada en 2001, por acuerdo del Consejo de Ministros, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) está adscrita al Ministerio de Educación y Ciencia, y tiene entre sus planteamientos el de contribuir a la vertebración del sistema de ciencia y tecnología español. Actuando como entidad sin ánimo de lucro y con autonomía funcional, se propone apoyar y prestar un servicio continuado y flexible al sistema español de ciencia-tecnología-empresa. Por otra parte, contribuye a identificar oportunidades y necesidades, al mismo tiempo que propone formas de actuación a los agentes del sistema de investigación científica y de innovación tecnológica.

Entre los principales objetivos de la FECYT se tiene el de contribuir a la orientación del progreso científico y tecnológico del sistema español para la mejora de la articulación entre los diversos agentes del sistema. Constituirse en plataforma de encuentro, análisis y debate interdisciplinar e intersectorial para las comunidades científica, tecnológica y empresarial del país. Y, también, impulsar la divulgación del conocimiento en materia de ciencia y tecnología, contribuyendo al desarrollo de la necesaria cultura científica y tecnológica entre los ciudadanos.

La Fundación articula y condensa su **Programa de Trabajo 2006** en los siguientes Programas: 1. *Apoyo a la Política Científica y Tecnológica*; 2. *Estímulo del Diálogo entre Ciencia y Sociedad*; 3. *Prospectiva Científica y Tecnológica y Observatorio del Sistema de I+D en España (OSIDE)*; 4. *Fomento del avance del conocimiento*; 5. *Desarrollo productivo*

de resultados de la Investigación; 6. *Apoyo a la participación en. Programa Marco de la Unión Europea*; 7. *Infraestructuras Tecnológicas de apoyo a la I+D+i*; 8. *Acciones de cooperación con la ANEP.*

De sus numerosas actividades de organización y participación en congresos y simposios cabe señalar la coorganización, con el Parc Científic de Barcelona y el Parque Científico de Madrid, del "Science Nanotechnology Think Tank", importante encuentro dedicado a la nanociencia y nanotecnología, que ya ha celebrado dos ediciones en 2004 y 2005. Señalemos asimismo su labor editorial, con un amplio abanico de publicaciones consagradas a la ciencia y la tecnología. Igualmente, el establecimiento del Premio FECYT de Ensayo Esteban de Terreros. Y, en el marco de una sostenida actividad de divulgación científica, la celebración de la "Semana de la Ciencia y la Tecnología", o su programa de "Ciencia en Acción", que contribuye a la mejora de la cooperación internacional en ese terreno.

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología

c/ Rosario Pino, 14-16. 28020. Madrid
Teléfonos: 91. 425 09 09 / 91. 425 09 10 /
91. 425 09 25
Fax: (00 34) 91. 571 21 72
e-mail: fecyt@fecyt.es
<http://www.fecyt.es>

NOTICIAS BREVES

NESCO, GANADORA DEL "JEC COMPOSITES AWARD" DE LA CONSTRUCCIÓN

Cabe destacar la importante distinción internacional obtenida por Necso, perteneciente a la empresa española Acciona Infraestructuras, por el proyecto y construcción de un puente en la autovía del Cantábrico (España), de audaz estructura y con la utilización de avanzados materiales compuestos. El prestigioso JEC "Innovation Composites Awards Programme 2005", en su categoría de Innovación en la Construcción, fue ganado por Necso, junto con la empresa inglesa Advanced Composites Group, suministradora de las fibras de carbono y vidrio. El puente construido se encuentra entre los tramos de Tamón-Otur (Asturias), subtramo Vegarrozadas-Soto del Barco. Ha representado un proyecto con una tecnología pionera en España, basada en polímeros reforzados con fibra de carbono.

En la construcción del puente, el eje de la innovación está constituido por las vigas de 46 metros de longitud, para las que se han utilizado materiales compuestos. Con el avanzado proyecto se han obtenido ventajas co-

mo mayor resistencia y ligereza de las vigas, considerable reducción del tiempo de instalación, mejora en la resistencia a la corrosión y beneficios medioambientales.

Como se señala por parte de Acciona Infraestructuras: "La obra ha consistido en la construcción de un tablero con tres vigas poliméricas reforzadas con fibra de carbono y resina epoxi, soportando una losa de hormigón armado. La utilización de estas materias primas, llamadas 'composites', ha tenido experiencias similares en Estados Unidos, Reino Unido y Dinamarca, cobrando una creciente importancia en proyectos de construcción de puentes y otras estructuras".

JEC es una destacada empresa centrada en la investigación y promoción internacional de los materiales compuestos. El Premio que ha instituido, de carácter anual, se concede en los sectores de Aeronáutica y Espacio, Transporte por Carretera, Marina, Construcción, Industria, y Deportes y Equipamiento.a

Sección dedicada a poner de relieve las actividades que en las diferentes ramas de la ciencia y la técnica se desarrollan en Asturias, subrayando sus posibles aplicaciones industriales

LA MICROSCOPIA DE FUERZAS ATÓMICAS Y SU APORTACIÓN A LA BIOLOGÍA MOLECULAR Y BIOMEDICINA

Fernando Moreno-Herrero, Pilar Herrero y Fernando Moreno

Desde hace bastante tiempo los biólogos moleculares han intuido que cuando se pudiera conocer con mejor detalle las interacciones entre las macromoléculas, se alcanzaría una nueva dimensión del conocimiento de los procesos bioquímicos que tienen lugar dentro de las células. La importancia de las interacciones entre macromoléculas y en particular entre el ADN y las proteínas o entre las proteínas entre sí, se ha visto confirmada tras la era genómica. La era genómica se refiere a la etapa en la cual, se han secuenciado en su totalidad genomas de diversos organismos.

Uno de los descubrimientos más sorprendentes ha sido que especies como el ratón, el chimpancé o el ser humano presentan grandes similitudes en su genoma, tanto en tamaño como en número de genes codificados. Sin embargo, aunque el ratón, el chimpancé y el hombre comparten muchas de sus rutas metabólicas centrales, en algún momento deben generarse importantes diferencias en el desarrollo de sus capacidades cognitivas y del sistema nervioso. Entre los mecanismos moleculares más importantes implicados en la generación de estas diferencias podemos resaltar la existencia de diferentes grados de complejidad en la expresión de sus genes (interacciones DNA-proteínas) y en la interacción de sus productos génicos (interacciones proteína-proteína). Por tanto, caracterizar con detalle tanto los mecanismos de control de la expresión génica como medir cualitativa y cuantitativamente la interacción entre macromoléculas es de máxima importancia en la era post-genómica. En los últimos años, gracias al avance tecnológico y el desarrollo de nuevas técnicas físicas se ha conseguido detectar y manipular biomoléculas individualmente. Uno de los aparatos que ha hecho posible esta confluencia de la física con la bioquímica es el microscopio de fuerzas atómicas o AFM (Atomic Force Microscopy).

El AFM [1] consiste en una punta muy afilada (~10 nm) que lee las corrugaciones de una superficie, de manera análoga al método utilizado por una persona ciega para leer usando el contacto de la yema de los dedos con una hoja de papel escrita en Braille. El AFM, por tanto, obtiene una imagen topográfica de

la superficie. Ya que la sonda empleada es tremendamente pequeña (1 nanómetro es el resultado de dividir un milímetro en 1 millón de partes) la resolución que se obtiene es enorme. El AFM permite visualizar objetos de pocos nanómetros de diámetro en múltiples ambientes: aire, líquido y vacío. Es por ello que, tras su descubrimiento, se empezó a utilizar para visualizar biomoléculas, principalmente ácidos nucleicos [2]. En este artículo presentamos brevemente dos trabajos, realizados en los laboratorios de los autores, que muestran el enorme potencial del AFM en el campo de la biofísica de moléculas individuales.

En el laboratorio de la Universidad de Oviedo hemos estudiado en estos últimos años la interacción de factores transcripcionales con las regiones promotoras que controlan la expresión de varios genes. En este sentido hemos obtenido imágenes que muestran cómo la proteína Med8, un factor mediador del complejo C-terminal de la RNA polimerasa II, es capaz de interactuar con los promotores de los genes *HXK2* y *SUC2*. En la Figura 1 podemos ver cómo esta proteína (objeto de color rojo) se une a una molécula de ADN que contiene la secuencia promotora del gen *HXK2* (objeto alargado azul). Hemos observado interacciones específicas en grandes fragmentos de DNA y demostrado que podemos detectar la posición de la proteína en el DNA con una precisión de 30 pb [3, 4]. La medida de las alturas y los radios de los complejos DNA-proteína formados, nos proporcionó información sobre el estado polimérico de la proteína Med8 que interactúa con el DNA.

La principal ventaja de esta técnica radica en la rapidez y sencillez del experimento. La precisión con que se puede medir la posición de una proteína en un fragmento de DNA está principalmente limitada por el radio de la punta y por las uniones no específicas que siempre introducen un ruido de fondo. Esta técnica se puede aplicar a grandes fragmentos de DNA y es adecuada para una primera identificación de la región implicada en la interacción.

En el laboratorio de la Universidad de Delft investigamos una nanomáquina proteínica necesaria para

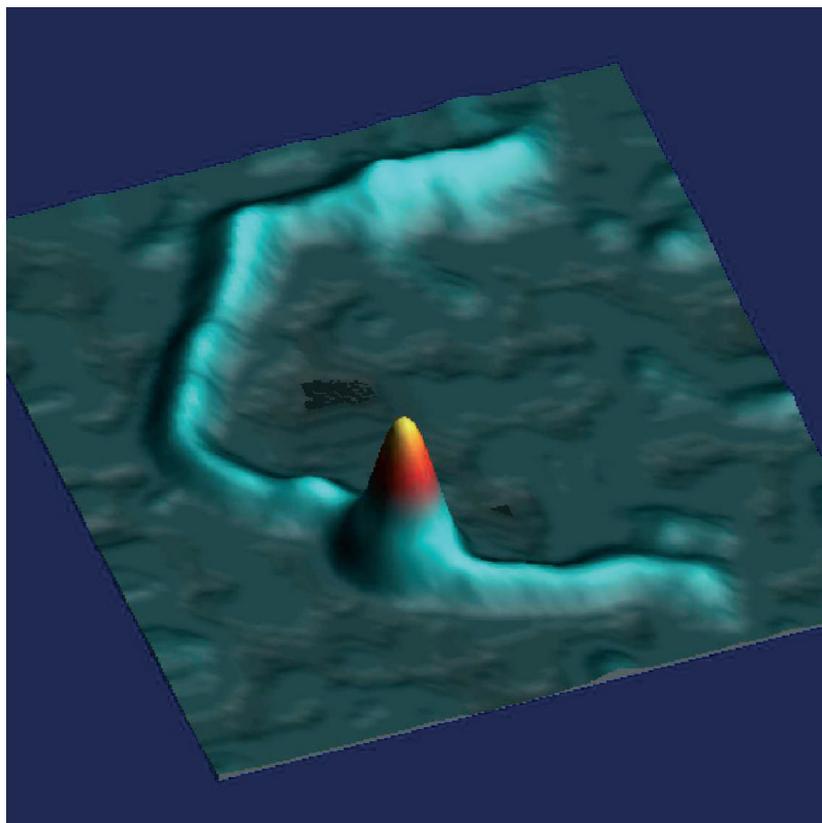


Figura 1. Imagen de AFM que muestra la interacción entre la proteína Med8 y la región promotora del gen *HXK2* (676 pb).

el mantenimiento de la integridad de la información genética a nivel cromosómico. Este complejo proteínico, denominado complejo Mre11, está compuesto por tres proteínas (Rad50, Mre11 y Nbs1) y es esencial para mantener nuestros cromosomas unidos tras una rotura de DNA, la cual ocurre cientos de veces en todas nuestras células durante el proceso de división celular [5]. La falta de reparación de estas roturas del DNA supone la muerte celular y la reparación incorrecta es una causa común de aparición de cáncer.

Con el AFM hemos investigado el comportamiento dinámico del complejo Mre11 y sus interacciones con el DNA a nivel de molécula individual. La estructura del complejo Mre11 consiste en un dominio globular del cual salen dos *brazos* (Figura 2, parte superior). Los extremos de los *brazos* son como *manos* que pueden agarrarse entre ellas. Hemos capturado la dinámica de este proceso mediante secuencias de imágenes de AFM o *películas*. Estas *películas* muestran que las *manos* se encuentran en continuo movimiento, agarrándose y soltándose entre ellas. Cuando el complejo Mre11 se une al DNA, tal y como ocurriría en un cromosoma roto, la estructura del complejo Mre11 cambia de forma dramática (Figura 2, parte inferior). Los dos *brazos* adoptan una orientación paralela y las *manos* que estaban previamente en continuo contacto se sueltan. Las *manos* del com-

plejo Mre11, libres de contacto entre ellas, están preparadas para *agarrar* las *manos* de otro complejo distinto que se encuentra unido al otro extremo del DNA dañado. De esta forma, demostramos por primera vez la mecánica del proceso de unión de cromosomas rotos a nivel de molécula individual [6].

La aportación del AFM al conocimiento científico durante sus casi 20 años de existencia ha sido enorme. En la actualidad es una técnica imprescindible en cualquier laboratorio de caracterización de superficies. En el campo de la biología molecular su andadura no ha sido siempre fácil. El hecho de que las macromoléculas tengan que estar adsorbidas en un soporte le quita parte de su encanto a la hora de estudiar interacciones dinámicas, ya que las interacciones con el soporte inevitablemente restan movilidad a las macromoléculas que uno quiere estudiar. Además de la ligadura que supone la presencia de la superficie una limitación principal del AFM es su resolución temporal. Hoy en día el tiempo de adquisición de una imagen es del orden de un minuto. El desarrollo instrumental actual se orienta hacia futuros AFMs capaces de obtener imágenes a velocidades de video (25 imágenes por segundo). Sin embargo, a pesar de todas estas limitaciones, numerosos trabajos han demostrado que es posible encontrar un compromiso entre movilidad, actividad biológica y resolución

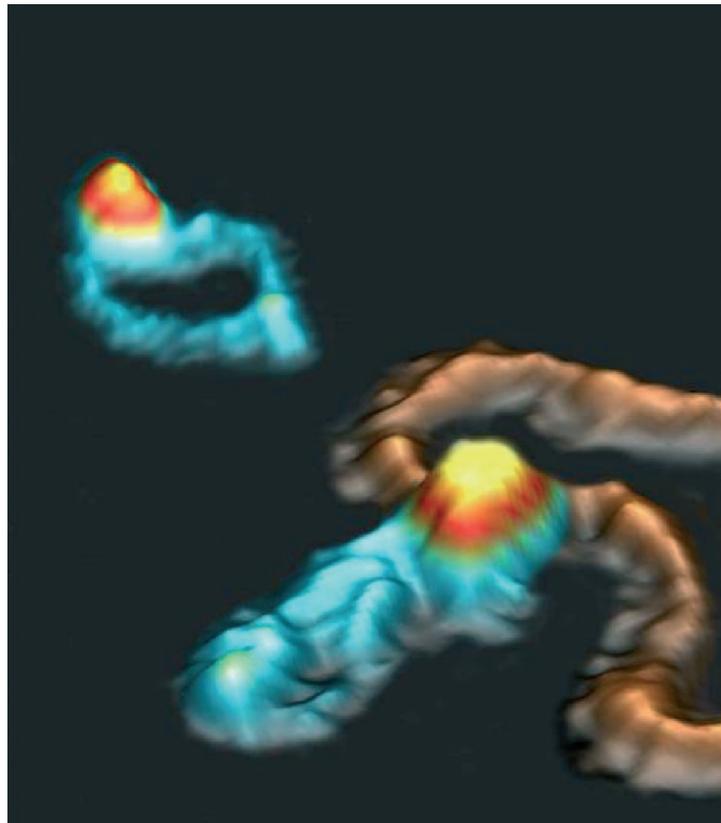


Figura 2 Imágenes de AFM del complejo Mre11 en ausencia de DNA (parte superior) y unido a DNA (parte inferior). Nótese el cambio conformacional que sufren los brazos del complejo al unirse al DNA.

temporal, lo cual convierte al AFM en una poderosa herramienta para estudiar biomoléculas a escala nanométrica. En este artículo hemos presentado dos trabajos que claramente ilustran el potencial del AFM en el campo biomédico: hemos visto que es posible determinar secuencias reguladoras y que es posible observar interacciones dinámicas en medio líquido. La próxima generación de AFMs ultrarrápidos, marcará un antes y un después a la hora de caracterizar interacciones macromoleculares con esta técnica, ya que podremos correlacionar imagen con actividad biológica en tiempo real.

REFERENCIAS

1. Binnig, G., C.F. Quate, and C. Gerber, (1986) *Atomic force microscope*. Physical Review Letters. **56**(9): p. 930-933.
2. Hansma, H.G., R.L. Sinsheimer, M.Q. Li, and P.K. Hansma, (1992) *Atomic force microscopy of single- and double-stranded DNA*. Nucleic Acids Res. **20**(14): p. 3585-90.
3. Moreno-Herrero, F., Herrero, P., Colchero, J., Baro, A.M., Moreno, F., (1999) *Analysis by atomic force microscopy of Med8 binding to cis-acting regulatory elements of the SUC2 and HXK2 genes of Saccharomyces cerevisiae* FEBS Lett **459**: p. 427-432.
4. de la Cera, T., Herrero, P., Moreno-Herrero, F., Chaves, R.S. and Moreno, F., (2002) *Mediator factor Med8p interacts with the hexokinase 2: implication in the glucose signalling pathway of Saccharomyces cerevisiae*. J. Mol. Biol. **319**, : p. 703-714.
5. de Jager, M., J. van Noort, D.C. van Gent, C. Dekker, R. Kanaar, and C. Wyman, (2001) *Human Rad50/Mre11 is a flexible complex that can tether DNA ends*. Mol Cell. **8**(5): p. 1129-35.
6. Moreno-Herrero, F., M. de Jager, N.H. Dekker, R. Kanaar, C. Wyman, and C. Dekker, (2005) *Mesoscale conformational changes in the DNA repair complex Rad50/Mre11/Nbs1 upon binding DNA*. Nature. **437**(7057): p. 440-3.

**Fernando Moreno-Herrero(2),
Pilar Herrero(1) y Fernando Moreno(1)**
(1) Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Oviedo. 33006-Oviedo. España.
fmoreno@uniovi.es ; epherrero@uniovi.es
(2) Kavli Institute of Nanoscience, Delft University of Technology. Delft. The Netherlands

TÉCNICA DE ESCRITURA LÁSER Y SUS APLICACIONES

José Rodríguez García

La investigación y el desarrollo de nuevos dispositivos en Óptica Integrada y Optoelectrónica implican la necesidad de utilizar técnicas de fabricación de estructuras a escala micrométrica y submicrométrica. Estas técnicas se apoyan, fundamentalmente, en procesos fotolitográficos, ampliamente desarrollados para su utilización en otros campos como, por ejemplo, la microelectrónica.

Para un laboratorio de investigación, es crucial disponer de la suficiente autonomía y flexibilidad a la hora de diseñar y fabricar los dispositivos que se pretende estudiar. Estas han sido las principales motivaciones que nos han llevado hacia la implementación de un proceso fotolitográfico basado en la escritura láser sobre fotoresina. En la elección de esta técnica han jugado también un papel esencial, el hecho de ofrecer la *precisión* necesaria para el trabajo que se pretende realizar, el presentar un *coste moderado*, que lo hace más asequible que los tradicionales sistemas basados en máscaras fabricadas mediante haz de electrones, y su *capacidad de aplicación y adaptabilidad*. En definitiva, la escritura láser es un sistema de gran versatilidad, que dota al laboratorio de gran autonomía a la hora de fabricar máscaras litográficas necesarias para la implementación de dispositivos fotónicos. Como valor añadido, el sistema puede ser adaptado para fabricar otros tipos de estructuras micrométricas y submicrométricas, con aplicaciones en nanotecnología, y utilizado como herramienta de medida de propiedades ópticas.

El sistema de escritura láser que se ha implementado en nuestro laboratorio se basa en la focalización de la luz, procedente de un láser azul, sobre la fotoresina, formando un disco luminoso lo más pequeño posible, que se desplace sobre la superficie describiendo el patrón deseado. El diámetro del disco se puede asimilar al grosor del "lápiz" de escritura, siendo su diámetro mínimo de unas décimas de micra, cuando se utiliza un láser del azul, y del orden de los nanómetros si se utiliza un láser que emita en la región próxima al ultravioleta. Así pues, controlando la longitud de onda, la potencia de la luz y la velocidad de desplazamiento del disco de escritura, se conseguirá crear en la fotoresina un patrón de

irradiación de líneas con la anchura deseada, que posteriormente dará forma a la máscara final. El estado actual del sistema completo de escritura láser se muestra en la figura 1, siendo sus principales componentes, los siguientes: el *láser del azul*, que debe presentar una emisión estable en potencia; el *sistema óptico*, que correctamente ajustado permite la optimización del tamaño del haz de escritura, mediante el correcto truncado y focalizado del haz láser; un *sistema interferométrico*, que permite el control del enfoque y de la planitud, para mantener siempre el mismo tamaño e intensidad del disco de luz mientras éste recorre la superficie de la muestra; y un *sistema de movimiento* controlado por ordenador y sincronizado con la emisión de luz.

El sistema de escritura láser es el núcleo de todo el proceso fotolitográfico, que se desarrolla mayoritariamente en ambiente de *sala limpia*, construida también recientemente en nuestro laboratorio. Este proceso parte de la preparación y limpieza de sustratos (habitualmente vítreos o cristalinos), la deposición de una capa metálica, que formará la máscara final, y una capa de fotoresina. Tras la irradiación de la fotoresina mediante la escritura láser, se procede a su revelado y al grabado húmedo de las regiones de la capa metálica que ha quedado expuesta tras el revelado. El resultado de este proceso es una máscara metálica que presenta la estructura óptica que se desea crear.

Si la máscara se ha creado sobre el sustrato en el que se pretende crear la estructura óptica, se procede directamente a la técnica de intercambio iónico/protónico, obteniendo finalmente la estructura de guías de onda deseada, como por ejemplo: guías acanaladas, divisores de potencia, dispositivos interferométricos, o incluso dispositivos electroópticos activos, lo que requeriría un nuevo proceso fotolitográfico para la deposición de electrodos sobre la muestra, tarea que es posible realizar utilizando el sistema de escritura láser. También existe la posibilidad de crear una máscara patrón, para su posterior reproducción mediante litografía de contacto. Esto permite un trabajo en paralelo, de forma más rápida

da, pero realizando siempre copias de un mismo elemento.

El rápido desarrollo de nuevos dispositivos que combinan guías ópticas con otros tipos de estructuras micrométricas, hace necesario disponer de un sistema combinado de fabricación, apto para la creación de elementos de distinta naturaleza pero que deben estar presentes en un mismo sustrato. Este es el caso de una gran variedad de dispositivos sensores, ya sea de tipo físico, químico o biológico. Estos sensores pueden combinar estructuras ópticas, como guías acanaladas, interferómetros o dispositivos fotónicos, con estructuras de canalización de fluidos como, por ejemplo, los sistemas de microcapilares. En este último caso, el fluido iónico discurre por el microcanal, lo que posibilitará la identificación de sus componentes mediante técnicas adecuadas. Por este motivo, y en coordinación con el Departamento de Química Analítica de la Universidad de Oviedo, se está aplicando la escritura láser a la fabricación de microcapilares sobre vidrio, utilizando las técnicas de grabado húmedo basadas en ácido fluorhídrico.

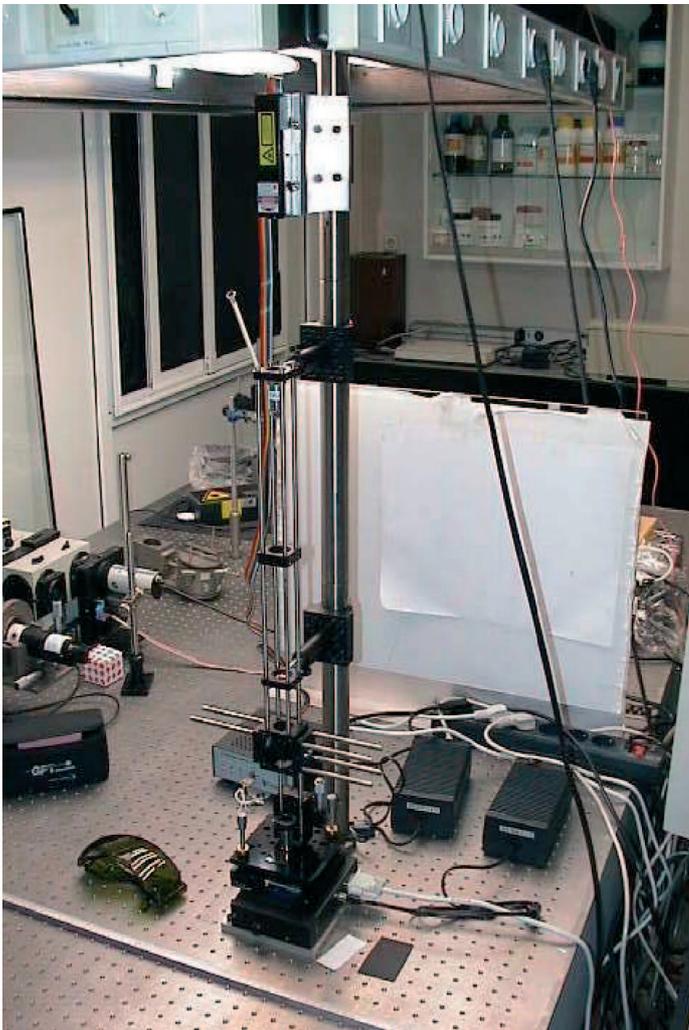


Figura 1. Sistema de escritura láser.

El diagrama de flujo de la figura 2 esquematiza los procesos de grabación de microcanales y fabricación de máscaras, con la intervención de la sala limpia y el sistema de escritura láser implementado.

Finalmente, ratificar que el hecho de disponer del sistema de escritura láser y de toda la tecnología de sala limpia para procesos fotolitográficos, dota a este laboratorio de una gran autonomía, permitiendo la fabricación de una amplia variedad de dispositivos fotónicos con aplicaciones muy diversas en comunicaciones, control de procesos industriales, sanidad, análisis químico, etc. Además, puesto que el sistema de escritura láser ha sido desarrollado y construido en el laboratorio, es posible modificarlo y adaptarlo a los nuevos requerimientos que surjan en el desarrollo de la investigación.

Jose Rodríguez García

jose@uniovi.es

Departamento de Física
Universidad de Oviedo

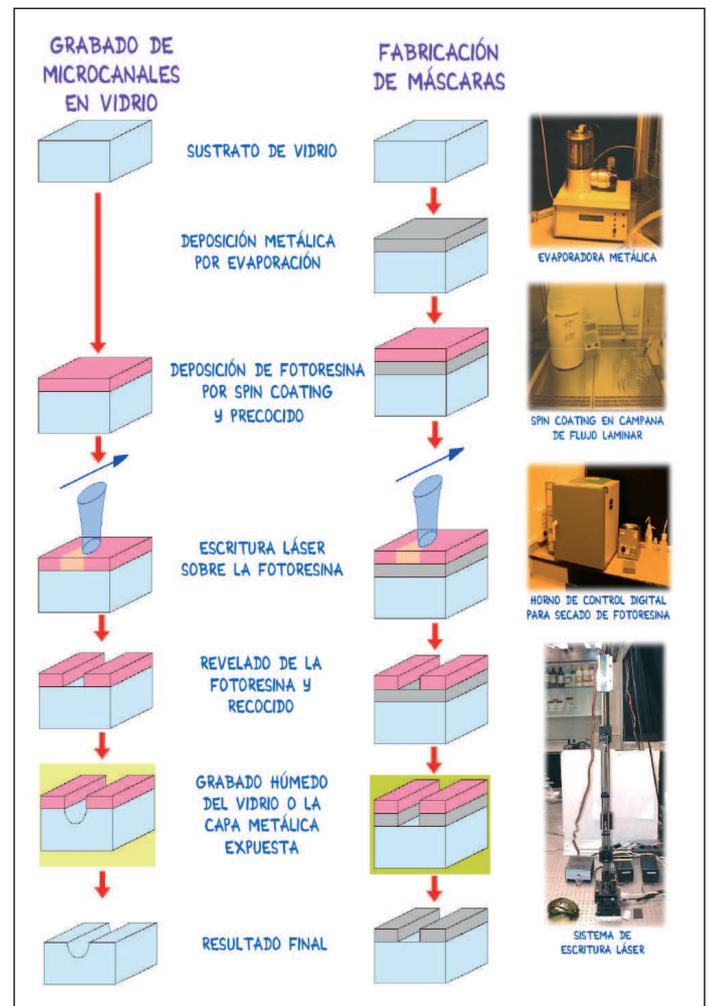


Figura 2. Secuencias en los procesos fotolitográficos para el grabado de microcanales y fabricación de máscaras.

NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA EN EL GRUPO DE “ESPECTROMETRÍA ANALÍTICA” DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

José Manuel Costa Fernández, Rosario Pereiro y Alfredo Sanz Medel

El enorme número de aplicaciones en las que se están utilizando los conocimientos en Nanociencia y Nanotecnología demuestra que estamos asistiendo a una verdadera revolución científico-tecnológica de extraordinaria magnitud. Como era de esperar, esta “revolución” no ha dejado indiferente a la investigación en la Química Analítica.

Por un lado, los nuevos materiales y productos preparados en escala nanométrica presentan novedosas e interesantes propiedades que los hacen superiores a los materiales tradicionales. Por eso no sorprende que este tipo de materiales nanoestructurados estén siendo estudiados a fondo y utilizados, cada vez con mayor profusión, en el diseño de nuevas metodologías analíticas (p.ej. desarrollo de (bio)sensores químicos).

Por otra parte, la caracterización química de esta nueva generación de nanomateriales (p.ej. de materiales recubiertos con películas con espesores de tan solo unos pocos micrómetros o incluso del orden de nanómetros) requiere del desarrollo y puesta a punto de nuevos métodos analíticos apropiados para la caracterización química de nanocapas.

Por ello, hoy existen dos líneas de investigación básicas relacionadas con la Nanociencia, sobre las que actualmente trabaja el grupo de investigación de Espectrometría Analítica de la Universidad de Oviedo, a saber: desarrollo de nuevos sensores basados en nanomateriales y de nuevas técnicas para la caracterización química de nanocapas.

A. DE NUEVOS SENSORES QUÍMICOS BASADOS EN EL EMPLEO DE NANOPARTÍCULAS LUMINISCENTES (QUANTUM DOTS).

La creciente demanda de técnicas de análisis químicos rápidos (incluso a tiempo real), fiables y sencillos, en campos tan variados como la medicina, control de procesos industriales, automatización de los mismos, control medioambiental o de uso militar, ha llevado a un creciente interés en el diseño y construcción de instrumentación analítica sencilla capaz de monitorizar “in-situ”, de forma directa, rápida,

económica, continua y a tiempo real una especie ó parámetro químico de interés en una muestra concreta. Esta línea de investigación constituye el campo de los sensores químicos y bioquímicos.

En el desarrollo concreto de nuevos sensores (bio)químicos de fibra óptica basados en medidas fotoluminiscentes, un aspecto de crucial interés es la preparación de fases sensoras adecuadas, estables y robustas. Hoy por hoy existen problemas de largos tiempos de respuesta, baja selectividad y sensibilidad o pobre estabilidad limitando seriamente la aplicabilidad real de dichos sensores ópticos. Con el fin de buscar soluciones a estos inconvenientes la labor investigadora actual se centra en la síntesis de materiales sensores analíticamente superiores a los desarrollados hasta la fecha. Algunas líneas de investigación prometedoras y novedosas incluyen tecnologías tales como la inmovilización de un indicador ópticamente activo y sensible al analito de interés en matrices inorgánicas tipo sol-gel, en la preparación de polímeros impresos molecularmente, y en la síntesis y modificación superficial de nanopartículas semiconductoras tipo “quantum dots” (QDs).

Los “quantum dots” (QDs) constituyen un grupo de nanoestructuras de gran interés para aplicaciones en sensores luminiscentes ya que, debido a su reducido tamaño, estos materiales exhiben propiedades optoelectrónicas características por efectos de “confinamiento cuántico”. Así, estos materiales inorgánicos, que en principio serían no-luminiscentes, cuando se sintetizan en dimensiones nanométricas desarrollan una emisión fluorescente muy intensa al ser excitados por luz UV-visible.

Además, cuando se comparan con las moléculas orgánicas fluorescentes habitualmente usadas en el desarrollo de optosensores luminiscentes, los quantum dots (QDs) presentan importantes ventajas. Entre ellas cabe destacar las siguientes:

Ventajas de los QDs.-

- elevados rendimientos cuánticos (señales de emisión fluorescente muy intensas).
- espectros de emisión luminiscente muy estrechos (típicamente con $fwhm \sim 30$ nm).

- separación entre las longitudes de onda de excitación y emisión (más de 100 nm).
- elevados tiempos de vida media del fenómeno luminiscente (varios cientos de ns).
- capacidad de modificar la longitud de onda máxima de emisión luminiscente controlando el tamaño de partícula.
- más resistencia a fenómenos de fotodescomposición.

Por todo ello, el empleo de este tipo de nanoestructuras tiene un elevado potencial a la hora de preparar fases sensoras más robustas (y por tanto más resistentes en ambientes químicamente complejos) que las convencionales. Sin embargo, hasta la fecha existen muy pocos trabajos descritos que utilicen este tipo de nanopartículas para desarrollar de sensores (bio)químicos.

En esta línea, durante los dos últimos años, hemos iniciado diversos estudios orientados hacia la evaluación del potencial que el empleo de nanopartículas luminescentes ("quantum dots") ofrece para el desarrollo de sensores ópticos. Los estudios llevados a cabo en nuestro grupo de investigación han permitido la preparación de fases sensoras para cianuro y cobre, basados en la síntesis y caracterización de QDs de base CdSe, cuya superficie ha sido modificada apropiadamente con distintos grupos funcionales con objeto de hacerlos biocompatibles y solubles en agua [14]. Gracias a las extraordinarias propiedades optoelectrónicas de este tipo de materiales se han desarrollado sistemas analíticos muy simples (p.e. para monitorizar en línea ión cianuro y cobre en aguas), basados en medidas de luminiscencia (con instrumentación de muy bajo coste), de elevada sensibilidad (alcanzándose límites de detección extremadamente bajos) y con una apropiada selectividad analítica.

Creemos que los estudios iniciados en nuestro laboratorio constituyen el punto de partida de una línea de investigación puntera orientada hacia el empleo de "Quantum Dots" como indicadores luminiscentes altamente sensibles y selectivos de especies químicas de interés biomédico, industrial o medioambiental.

B. DESCARGAS LUMINISCENTES Y SUS APLICACIONES: "NUEVAS HERRAMIENTAS" PARA LA CARACTERIZACIÓN DE NANOCAPAS.

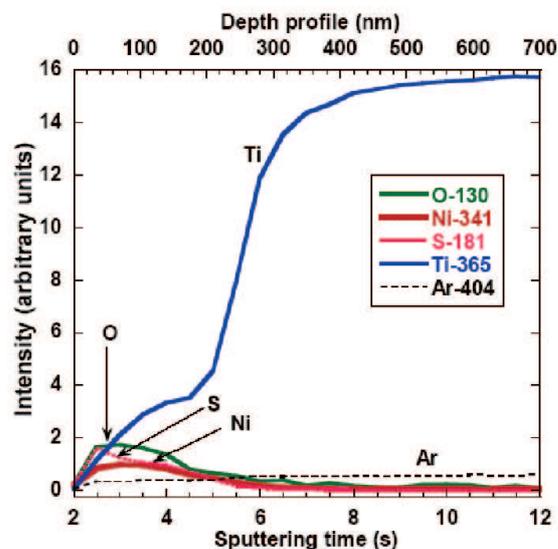
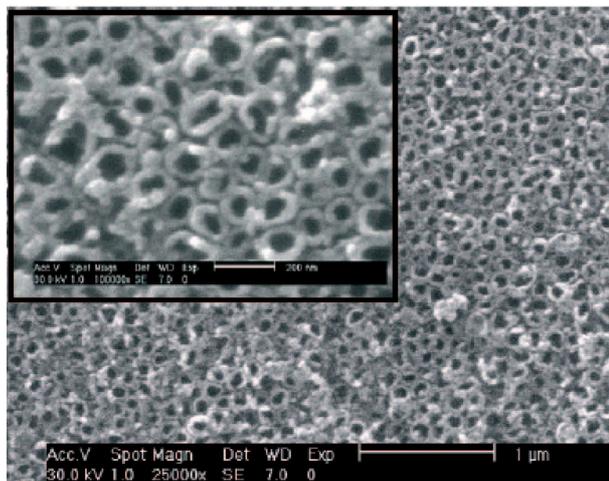
La creciente evolución de materiales recubiertos por capas, cada vez más delgadas, ha motivado la necesidad actual de técnicas de análisis directo de sólidos,

que permitan conocer la variación ("perfil") de la composición del material en función de su distancia a la capa exterior; es decir, de realizar análisis químicos fiables y rápidos del llamado "**perfil de concentración en profundidad**" en capas delgadas.

En esta línea, existen técnicas emergentes que están demostrando un gran potencial analítico para determinar su espesor y para el análisis químico global de cada una, tanto a nivel de componentes mayoritarios como de minoritarios o trazas (incluso de capas con grosores de menos de 100 nm). Concretamente nos referimos a las **descargas luminiscentes** (Glow Discharge, GD) acopladas bien a un detector de **espectrometría de emisión óptica** (OES) o de **espectrometría de masas** (MS). La formación de una descarga luminiscente tiene lugar en una cámara a baja presión por la que circula un gas noble y en la que se establece una diferencia de potencial entre dos electrodos. El gas se ioniza de manera que los iones positivos son acelerados hacia la superficie catódica donde chocan con el sólido provocando el arrancado o "sputtering" de los átomos de la muestra que actúa como cátodo. Mediante este proceso de sputtering, a partir de la muestra se liberan átomos, iones y electrones secundarios, cuyas colisiones en la cámara de descarga producirán excitaciones y nuevas ionizaciones, formándose por tanto un plasma. Gracias a la generación de átomos excitados e iones en el plasma, la descarga luminiscente puede ser acoplada a detección con OES o MS.

Las técnicas GD-OES y GD-MS no ofrecen buena resolución lateral (la mejor que se puede obtener es del orden de 1 mm) y producen arrancado de material (técnicas destructivas). En contrapartida, dichas técnicas permiten analizar perfiles de concentración en profundidad con resolución del orden de los nanómetros. Además, otras propiedades que justifican el auge actual de tales técnicas de GD en el análisis de materiales incluyen:

- Análisis directo de sólidos tanto conductores como semiconductores o aislantes, sin necesidad de preparación previa de la muestra.
- Posibilidad de realizar perfiles de concentración en profundidad, incluso en capas de nanómetros, gracias a la facilidad con que se pueden ir eliminando de forma controlada las capas de la superficie a analizar. *Estas técnicas permiten obtener gráficas "intensidad de señal en función de tiempo de arrancado de material de la muestra" (perfil cualitativo) que pueden ser convertidas, con programas de cuantificación apropiados, en "concentración en función de profundidad" (perfil cuantitativo).*



a)

Nanotubos alineados de titania. (a) Imagen con el microscopio electrónico de barrido (la escala de la imagen interior es de 200-nm). (b) Análisis cualitativo y cuantitativo con rf-GD-OES de una muestra de nanohilos de Ni embebidos en la membrana de nanotubos de titania.

b)

- Aplicabilidad al análisis de prácticamente todos los elementos de la tabla periódica.
- Efectos de matriz mínimos.
- Límites de detección en el orden de los **ug/g con GD-OES y ng/g con GD-MS**.
- Obtención de información isotópica en el caso de **GD-MS**.
- Bajo coste de mantenimiento y rapidez de análisis.

Nuestras líneas de investigación están encaminadas al desarrollo de nuevas técnicas y procedimientos para el análisis del "perfil en profundidad" de películas delgadas (e.g. espesores de nm), así como al estudio de métodos de cuantificación del "perfil de concentración en profundidad" de muestras recubiertas (láminas delgadas) de particular importancia industrial actual (p.e. vidrios con recubrimientos multicapa para eliminación de reflejos, para aislamiento térmico, etc [iii,iv]).

Por otro lado, a través de una colaboración con el grupo del Dr. Prida del Departamento de Física de la Universidad de Oviedo se ha puesto de manifiesto el gran potencial de la técnica rf-GD-OES para la caracterización de estructuras nano-organizadas. A modo de ejemplo, en la figura adjunta se muestra la imagen magnificada de un array de nanotubos de titania y el perfil cualitativo y cuantitativo obtenido con rf-GD-OES de una muestra de nanotubos de titania dentro de los cuales se crecieron nanohilos de níquel. Nuestros estudios han demostrado que la técnica rf-GD-OES permite caracterizar de manera extraordinariamente rápida los nanohilos *in situ* (es decir, sin ne-

cesidad de extraerlos de los nanotubos) y al mismo tiempo que los nanotubos.

REFERENCIAS

- [i] W J Jin, M T Fernandez-Arguelles, J M Costa-Fernandez, R Pereiro, A Sanz-Medel, "Photoactivated luminescent CdSe quantum dots as sensitive cyanide probes in aqueous solutions", Chem. Commun. (2005) 883-885.
- [ii] M T Fernandez-Arguelles, W J Jin, J M Costa-Fernandez, R Pereiro, A Sanz-Medel, "Surface-modified CdSe quantum dots for the sensitive and selective determination of Cu(II) in aqueous solutions by luminescent measurements", Anal. Chim. Acta (2005) 20-25.
- [iii] B Fernández, N Bordel, R Pereiro, A Sanz-Medel, "The effect of thin conductive layers on glass on the performance of radiofrequency glow discharge optical emission spectrometry", J. Anal. At. Spectrom., 20 (2005) 462-466.
- [iv] B Fernández, A Martín, N Bordel, R Pereiro, A Sanz-Medel, "In-depth profile analysis of thin films deposited on non-conducting glasses by radiofrequency glow discharge - optical emission spectrometry", Analytical and Bioanalytical Chemistry (en prensa).

**José Manuel Costa Fernández,
Rosario Pereiro, Alfredo Sanz Medel.**

Grupo de Espectrometría Analítica
Departamento de Química Física y Analítica
Universidad de Oviedo
asm@uniovi.es

<http://www12.uniovi.es/spectrometry/>

LOS NANOTUBOS DE CARBONO: PREPARACIÓN, PROPIEDADES Y APLICACIONES

Juan Ignacio Paredes Nachón, Amelia Martínez Alonso y Juan Manuel Díez Tascón

1. INTRODUCCIÓN

Al igual que se considera a las microscopías de proximidad (AFM, STM) como las herramientas por excelencia en los campos de la nanociencia y la nanotecnología, los nanotubos de carbono (NTs) constituyen uno de los sustratos en los que estas nuevas disciplinas se han apoyado más frecuentemente, dadas las expectativas de aplicaciones avanzadas que han suscitado las novedosas propiedades de estos materiales.

El descubrimiento de los nanotubos de carbono (Sumio Iijima, 1991) vino precedido por el de los **fullerenos** en 1985. Los fullerenos, constituidos por poliedros de átomos de carbono y cuyo ejemplo arquetípico es el C_{60} , representaron el primer tipo de estructura del carbono en forma de moléculas discretas, a diferencia de las macromoléculas de diamante y de grafito. Los nanotubos fueron descritos poco después del descubrimiento, en 1990, del primer método de síntesis de fullerenos en cantidades macroscópicas.

2. ESTRUCTURA

La estructura básica de los denominados *nanotubos de capa simple* (SWNTs) comprende una lámina poliarmática de átomos de carbono (grafeno) arrollada sobre sí misma formando un cilindro, cuyos extremos están cerrados por dos semiesferas de un fullereno de diámetro adecuado. Los denominados *nanotubos de capa múltiple* (MWNTs) consisten en varios nanotubos de capa simple de diferentes diámetros dispuestos concéntricamente.

El diámetro encontrado con más frecuencia, independientemente del método de preparación, es de 1.4 nm. Para radios de curvatura inferiores aparecen tensiones progresivamente crecientes, si bien se han sintetizado nanotubos con diámetros tan pequeños como 0.4 nm. No existen restricciones de límite superior, aunque a partir de un determinado

diámetro es más favorable energéticamente un cilindro aplanado.

Existe en la actualidad gran interés en los nanotubos de carbono de doble capa (DWNTs), ya que debido a su estructura coaxial se ha predicho que sus propiedades físicas pueden ser superiores a las de los SWNTs y MWNTs. Sin embargo, hasta ahora sus propiedades no han podido ser estudiadas adecuadamente debido a la falta de métodos de síntesis de DWNTs puros en cantidades suficientes.

3. PREPARACIÓN

La Tabla 1 muestra las principales características de las tres técnicas más establecidas para la preparación de nanotubos de carbono. El método CCVD es en la actualidad el más viable desde el punto de vista económico, permitiendo la producción de varias decenas de kg al día. En cualquier caso, los métodos actuales de producción de NTs presentan una serie de inconvenientes que limitan el despeque a gran escala de sus aplicaciones:

- Gran cantidad de impurezas (nanopartículas de C, fullerenos, nanopartículas metálicas de catalizador), lo que ha hecho necesario desarrollar métodos de purificación. Estos crean una gran cantidad de defectos en los NTs, por lo que se suele realizar un último paso de tratamiento térmico en vacío a 1000 °C.
- El precio es aún demasiado alto (50-100 €/g) para permitir sus aplicaciones a gran escala. Es necesario abaratar la producción de los NTs.
- Los NTs producidos en la actualidad suelen ser relativamente cortos (hasta cientos de micras).

Entre los recientes desarrollos en el área de la preparación de nanotubos de carbono cabe destacar la producción a gran escala de nanotubos de capa simple con sólo un 0.02% en peso de impu-

Método	Fundamento	Producción
Descarga por arco eléctrico	Generación de átomos de C ($T > 3000\text{ °C}$) por descarga de arco entre electrodos de grafito en presencia de partículas catalíticas (Fe, Co, Ni)	120 g/día
Ablación por láser	Generación de C atómico ($T > 3000\text{ °C}$) por irradiación de grafito con haz láser en ausencia (MWNT) o presencia (SWNT) de catalizador	50 g/día
Depósito químico en fase vapor catalítico (CCVD)	Descomposición ($\sim 1000\text{ °C}$) de una fuente de C en fase gas (hidrocarburos, CO) catalizada por metales de transición (Fe, Co, Ni)	50 kg/día

Tabla 1. Métodos de preparación de nanotubos de carbono.

rezas utilizando agua como agente oxidante débil, la preparación a baja temperatura ($\sim 175\text{ °C}$) de nanotubos de capa múltiple y la síntesis de nanotubos de capa simple ultralargos (del orden de 4 cm).

4. PROPIEDADES

Entre las especiales propiedades de los NTs, que constituyen la base de sus aplicaciones, cabe destacar las siguientes:

- Los NTs como entidades individuales, y especialmente los SWNTs, presentan propiedades mecánicas excepcionales, ya que los átomos de C se encuentran enlazados entre sí por enlaces covalentes muy estables. Debido a ello, poseen un módulo de Young y una resistencia a la tracción que se encuentran entre los valores más altos de todos los materiales conocidos, poseyendo asimismo una muy elevada flexibilidad. Todo ello hace a los NTs muy interesantes como refuerzo de matrices en materiales compuestos de altas prestaciones, más resistentes y ligeros que los actualmente disponibles.

- En función del tipo de NT, éstos poseen propiedades electrónicas muy variadas. Así, los SWNTs pueden ser metálicos o semiconductores dependiendo de la dirección de arrollamiento del grafito. En condiciones de síntesis convencionales, en las que dicha dirección es aleatoria, 1/3 de los NTs producidos son metálicos y los 2/3 restantes semiconductores. Los NTs metálicos se pueden utilizar como interconexiones en circuitos miniaturizados, y los NTs semiconductores en transistores de efecto de campo.

- Los NTs también presentan una conductividad térmica muy elevada, lo que les hace atractivos como disipadores del calor en dispositivos miniaturizados de alta densidad, en los que la acumulación de calor es un problema grave.

- Los NTs poseen asimismo una alta capacidad de adsorción debido a su elevada área superficial, lo que les hace interesantes para aplicaciones tales como almacenamiento de hidrógeno, encapsulamiento de metales y usos como soportes de catalizador o sensores químicos y biosensores.

- Los NTs presentan una baja reactividad química, de nuevo debida a los fuertes enlaces covalentes. Ello implica una elevada resistencia al ataque químico, corrosión, etc. Aunque esto es ventajoso desde el punto de vista de algunas aplicaciones, también es un impedimento para el desarrollo de la funcionalización covalente selectiva y controlada de los NTs, lo cual también es interesante para conjugar los NTs con otras estructuras y ampliar así su campo de aplicaciones.

5. APLICACIONES

5. 1. Aplicaciones ya establecidas

Consideramos este conjunto de aplicaciones de los nanotubos de carbono como establecidas, bien porque ya están funcionando o porque actualmente se está llevando a cabo su escalado hasta nivel industrial.

- Sondas para microscopía de fuerza atómica (AFM). Esta técnica se basa en la interacción entre

una punta muy fina y la muestra objeto de estudio, y su resolución es función del radio de curvatura de la punta. Debido a la elevada relación de aspecto y buenas propiedades mecánicas de los NTs, su uso como sondas para AFM ha conducido a la mayor resolución lograda hasta el momento con esta técnica. El mercado esperado para este tipo de producto es de unos 20 millones de dólares por año.

- Dispositivos de emisión de campo. Como aplicación de sus buenas propiedades electrónicas, se espera la aparición inminente de monitores para televisión y ordenadores, así como de generadores de rayos X miniaturizados para aplicaciones médicas, unos y otros a base de NTs. Los NTs presentan emisión electrónica de campo por sus puntas a voltajes umbral del orden de 0.11 eV, mucho más bajos que los de los emisores actuales (0.3-0.6 eV). Ello les hace muy atractivos para su uso en dispositivos tales como pantallas planas.

- Sensores químicos y biosensores. El funcionamiento de estos sensores está basado principalmente en los cambios de conductancia que experimentan los NTs semiconductores en presencia de diferentes gases como NO₂, NH₃, u O₂. La funcionalidad de los NTs como sensores se puede incrementar si se combinan con otros sistemas. Los NTs semiconductores también pueden servir como biosensores. En este caso, los NTs se acoplan a una biomolécula sonda, cuya interacción con el medio da lugar a cambios en la conductancia del NT. Los sensores a base de NTs presentan características muy deseables, como respuesta rápida, pequeño tamaño y una sensibilidad hasta 3 órdenes de magnitud superior a la de los dispositivos actuales de estado sólido. El mercado esperado para 2006 es de 1.6 billones de dólares.

- Soportes de catalizadores. Este mercado puede ser extraordinariamente amplio, por afectar a procesos de la industria química pesada (refino del petróleo, etc.). Actualmente en desarrollo a escala de planta piloto.

5. 2. Aplicaciones potenciales

- Almacenamiento y separación de gases; adsorción de gases tóxicos. El principal interés está en el almacenamiento de hidrógeno, futuro vector energético. Sin embargo, los resultados obtenidos parecen en este momento poco prometedores.

- Materiales compuestos. Entre los desarrollos en este campo destacan la disipación de carga eléctrica, de calor o los usos de tipo estructural. Una de las primeras aplicaciones comerciales de los MWNTs se ha concretado en utilizarlos en materiales compuestos de matriz polimérica conductores de la electricidad. Asimismo, y aunque aún se está lejos del estadio de comercialización, se han hecho avances significativos en materiales compuestos NT-polímero para aplicaciones estructurales.

- Nanoelectrónica. Un objetivo importante en este campo es preparar selectivamente NTs metálicos o semiconductores (en lugar de mezclas). Excelente campo de desarrollo de nanodispositivos.

- Supercondensadores. En este caso existe la necesidad de optimizar la arquitectura de los propios nanotubos y de los dispositivos nanotubos/polímero conductor.

- Biomedicina. Los nanotubos de carbono son nuevas formas potenciales de vehiculización de principios activos y preparaciones farmacéuticas a nivel nanoscópico.

6. PERSPECTIVAS

La aplicación práctica de los nanotubos de carbono depende en gran medida de que se consiga reducir su precio, que en la actualidad depende de dos factores principales:

- Calidad (grado de pureza).
- Condiciones del proceso de producción.

La síntesis y la purificación de los nanotubos de carbono están siendo mejoradas constantemente, con lo que los precios de venta bajan aproximadamente en un 50% anual.

La utilización de los nanotubos de carbono es un área de desarrollo extremadamente rápido, en la que se identifican continuamente nuevas aplicaciones. Se trata de una posible área de negocio muy sugestiva, pero al mismo tiempo de alto riesgo.

**J.I. Paredes Nachón,
A. Martínez Alonso, J.M. Díez Tascón**
Instituto Nacional del Carbón, CSIC,
Apartado 73, 33080 Oviedo
paredes@incar.csic.es
/amelia@incar.csic.es/ tascon@incar.csic.es

LOS MICROSISTEMAS Y LAS MICROTECNOLOGÍAS

Ricardo Tucho Navarro

Los avances tecnológicos de los últimos tiempos han llevado a la realización de componentes y máquinas cada vez de menor tamaño, la miniaturización, pero manteniendo las características básicas con las que los ingenieros proyectamos sus precursoras de mayor tamaño. Entre los parámetros que definen estos desarrollos se encuentran, entre otros, la necesidad de aumentar su capacidad, la velocidad, el pequeño peso, el consumo de energía reducido, la biocompatibilidad, la reducción de costes y una mayor exigencia en la precisión de los dispositivos diseñados.

La Comisión de la Unión Europea para el IV Programa Marco definió los microsistemas (conocidos como MEMS, Micro Electro Mechanical Systems) como *"sistemas inteligentes miniaturizados que integran funciones sensoras, de proceso y/o actuación. Comprenderán como mínimo dos de las siguientes propiedades: eléctricas, magnéticas, mecánicas, ópticas, químicas, biológicas, magnéticas u otras, de forma integrada en un solo chip o un módulo híbrido multichip"*.

Las micro-tecnologías abarcan muchos campos y representan la evolución de las estrategias de las tecnologías de fabricación micro-electromecánicas, su traslado a otros campos y la integración final de todo el conjunto. Así han surgido la micro-óptica, la micro-fluídica, la micro-robótica y otras que se han combinado para crear microsistemas integrados con tecnologías variadas. Para el diseño y fabricación de las primeras unidades son necesarias grandes inversiones en equipamiento y son países como Estados Unidos o Japón los más avanzados en las micro-tecnologías. Europa todavía no alcanza el mismo volumen de desarrollo, aunque la producción es más diversificada. Y tener la rentabilidad necesaria en las empresas fabricantes, por supuesto, solamente se consigue a través de la fabricación masiva y su penetración en el mercado. Pero informes como los de las Fundaciones OPTI y AS-CAMM hablan de un gigantesco mercado de futuro.

Desde el punto de vista de la ingeniería, siendo muy conscientes de las investigaciones básicas relacionadas con ello, las tecnologías relacionadas con el diseño y fabricación de MEMS son muy variadas. En la fase de proyecto o diseño y en la simulación por ordenador –para evitar los costosos experimentos en laboratorio y prototipos– están surgiendo sistemas de software CAD con facilidades para microsistemas, aunque aún están lejos del

software existente para circuitos integrados. Estos incorporan metodologías para el diseño conceptual de microsistemas, bases de materiales, simulación de efectos físicos tales como de análisis térmico, mecánico, estructural, electrostático, etc., parámetros de procesos de fabricación de MEMS, facilidades para la creación de máscaras, herramientas de optimización, prototipado y verificación del diseño.

Las más modernas tecnologías de materiales, el depósito de capas finas, el tratamiento y procesado local de superficies, el micro-mecanizado superficial y en volumen, la litografía, el empaquetado y micro-montaje, por destacar las más notables, hablan de tecnologías punteras, de nuevas y no tan nuevas tecnologías aplicadas en los procesos de diseño, desarrollo, prueba, caracterización y posterior fabricación masiva de los microsistemas.

Con las características señaladas como parámetros de concepción de los microsistemas se comprende que en pocos años irrumpieran con un gran número de aplicaciones, sustituyendo a sus homólogos de mayor tamaño o permitiendo nuevas aplicaciones que les estaban vedadas.

Así, por ejemplo, en el sector del automóvil se vive una revolución impulsada por las micro-tecnologías, tanto en el ámbito mecánico como en el electrónico y en las áreas de seguridad y confort, sistemas informáticos y de comunicación, gestión del motor y consumo. Pueden enumerarse los sensores inteligentes de presión en motores de automóvil, los acelerómetros para sistemas de detección de impactos y activación de airbag, los ABS, los micro-dispositivos de medición y control de la suspensión y adherencia a la calzada, sistemas de comunicación GSM, sistemas de inyección electrónicos con avanzados micro-dispositivos capaces de inyectar gotas de combustible de 10 micras de tamaño para reducir el consumo y la emisión de gases, actuadores,...

Pero aún es mayor la revolución en las tecnologías de la información, las telecomunicaciones, la instrumentación óptica y fotográfica, los equipos de oficina y los sistemas biomédicos donde se integran el mayor volumen de los microsistemas. Los cabezales de lectura de discos duros o los de impresión de chorro de tinta, audífonos, marcapasos, micro-pinzas para cirugía, sistemas de dosificación de medicamentos, sensores, máquinas y material

variado empleado en odontología, son algunos de los desarrollos de microsistemas más conocidos.

Otros sectores con presencia importante de microsistemas son el medioambiental (micro-sismómetros, micro-higrómetros para micro-estaciones meteorológicas, ...), la domótica (confort y seguridad, controles de consumo, operaciones autónomas y remotas), los electrodomésticos (control de consumo, duración de ciclos,...), las máquinas-herramienta (micro-robots, micro-utilajes, micro-moldes,...), y en el sector aeroespacial en el que son muy elevados los ejemplos.

Dentro del ciclo de Ciencia y Tecnología que organizamos en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón, en Marzo de 2003 nos expuso algunos de esos adelantos en microsistemas y micromotores el catedrático del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Berkeley, Dr. Carlos Fernández Pello. Sus investigaciones sobre los microsistemas (micro-generadores y micro-motores), los circuitos biónicos, las células de combustión, los micro-artefactos de potencia capaces de impulsar máquinas, los teléfonos móviles y los ordenadores, la micro-generación de energía en general (campos en los que de forma muy destacada investiga en el Berkeley's Micro-Rotary Combustión Lab) fueron algunas de las realidades que nos puso de manifiesto y en "un campo prometedor para la industria más innovadora y de absoluta vigencia en sus procesos de diseño y producción", en sus propias palabras.

Los estudios publicados de prospectiva tecnológica incluyen la más que destacable evolución de las investigaciones y desarrollos en microsistemas que son cada vez más competitivos. Coinciden en señalar que la habilidad de las industrias en adoptar las tecnologías, incluidas las tecnologías de proceso que cambiarán el alcance y la escala de fabricar, como son las microtecnologías, serán la base de la competitividad. La capacidad de producir a escala comercial, piezas, conjuntos y sistemas micrométricos ya empieza a posicionar industrias y será un gran mercado de futuro y por supuesto de índole multisectorial. Muchos de los productos más avanzados e innovadores dependen de la existencia de las micromáquinas o microutilajes, con capacidad para fabricar con tolerancias micrométricas y con tendencia progresiva a la miniaturización.

El desarrollo de proyectos industriales con el control de microtecnologías en aplicaciones útiles es un objetivo básico en este momento. La colaboración entre centros de investigación, con investigadores de base científica e ingenieros para los desarrollos, y las industrias se hace imprescindible. El formar científicos e ingenieros en las posibilidades de aplicación de las microtecnologías, sus reglas, las posibilidades de innovación de los productos a través de su uso en campos relevantes y las maneras de acceder a ellas deben ser asumidas sin falta.

Como señalan especialistas de Tekniker las microtecnologías son un sinónimo de revolución tecnológica y de

progreso industrial. Mientras la fabricación a escala nanométrica seguirá siendo de altos costes, la fabricación de microsistemas (microfabricación) será más asequible para la industria. Pero su verdadero potencial se encuentra en el despegue que tendrán sus aplicaciones futuras, ligadas sin duda a la evolución de la nanociencia. Este es un campo que deberíamos potenciarlo en las líneas de I+D+i en Asturias.

Los grupos de investigación ya integrados en la Asociación Temática de Investigación de Nanociencia y Nanotecnología en la Universidad de Oviedo tienen andado un camino en la investigación básica, con aplicaciones notables y tras la creación del Laboratorio de Nanotecnología han aumentado de forma importante las posibilidades. Cubren esas áreas científicas las investigaciones básicas en esos campos y junto con las áreas tecnológicas punteras, especializadas en el desarrollo de aplicaciones, se debe ofrecer a nuestro entorno aplicaciones industriales de estas tecnologías, si no es aún a escala *nanométrica* sí, al menos, deberíamos aunar esfuerzos para implementar las necesidades tecnológicas a escala de *microsistemas*.

Hay un buen potencial en los grupos de investigación del Campus de Viesques de Gijón, tanto por el volumen de las colaboraciones con empresas como por los desarrollos de alto nivel en investigación aplicada o transferencia de tecnología. Algunos de los grupos más directamente implicados son: Electrónica, Automática, Teoría de la Señal, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Expresión Gráfica, Ingeniería de Fabricación, Informática, Transportes, Medios Continuos y Materiales.

Las aplicaciones descritas en la primera parte de este artículo son una referencia de desarrollos que están al alcance de estos grupos y algunas de ellas pertenecen a necesidades de empresas de reconocido prestigio de nuestro entorno.

Como se puso de manifiesto en el reciente Congreso Internacional "Trends in Nanotechnology 2005", celebrado en Oviedo, todo ello será posible si de forma interdisciplinar y en colaboración unimos esfuerzos entre grupos con experiencia. En nuestra Universidad la ATI de Nanotecnología y las Áreas Tecnológicas señaladas debemos hacer esfuerzos para formar redes de excelencia en estos campos de tanto futuro (Microtecnologías y Nanotecnologías) para dar respuesta a la necesidad de materializar el intercambio de conocimiento. Los nuevos tiempos demandan procesos dinámicos de colaboración, esquemas novedosos y la fusión de experiencias. Unir nuestros intereses en I+D+i solamente dará resultados positivos.

Ricardo Tucho Navarro.
 Área de Ingeniería Mecánica.
 E.T.S. de Ingenieros Industriales
 Universidad de Oviedo
rtucho@uniovi.es

LA NANOTECNOLOGÍA AVANZA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Orlando Carreño

La Nanotecnología, interdisciplinar y de concepción unificadora, con su carácter fundamental de investigación y manipulación de la materia a escala molecular y atómica, va penetrando y extendiéndose a los más diversos ámbitos. Se la considera disruptiva, portadora de enormes potencialidades y capaz de producir profundas transformaciones y cambios en nuestras sociedades. Aunque aún representa un fenómeno emergente, con predominio de la nanociencia sobre la llegada y consolidación de aplicaciones, muchos ven en ella uno de los ejes principales de una nueva revolución industrial. Podría decirse que en el sector de la Construcción la nanotecnología ha arrancado más tarde, de forma más dispersa, y con menor fuerza investigadora que en otros campos, como la electrónica, la medicina, el sector aeroespacial, etc. Pero comienza a avanzar la nanociencia en este sector y se van haciendo presentes productos ya comercializados.

Es muy importante que la nanotecnología se desarrolle con fuerza en el ámbito de la Construcción, por su gran peso cuantitativo, y por la influencia y efecto de arrastre modernizador que ello ejercerá en otros campos y empresas relacionados. El sector de la Construcción constituye uno de los principales sectores industriales de Europa, con un volumen de negocio de mil billones de euros, contando con más de 11 millones de trabajadores empleados, y 15 millones de trabajadores indirectos. En Europa y en países como Estados Unidos, Canadá, Japón, Australia, Corea del Sur, ya se están produciendo, gracias a la utilización de la nanotecnología, avances en la investigación y en la fabricación de productos y materiales compuestos más resistentes, más ligeros, con propiedades muy mejoradas, que protegen de la corrosión, que repelen la suciedad, que aumentan la eficacia energética, que actúan como nanosensores en puentes, o que pueden limpiar el aire contaminado en edificios, plazas y túneles de carreteras.

Siguiendo dos líneas principales se está produciendo el avance de la nanociencia y la nanotecnología en el sector de la Construcción. Por un lado -y aquí en menor escala-, mediante la mejora de las propiedades y características de materiales ya existentes, como el acero, hormigón o cemento. Y en segundo lugar, con la investigación y obtención de nuevos materiales que superen y sustituyan, con crecidas ventajas, a los materiales con-

vencionales. Es en esta última dirección que avanza la gran corriente principal de la nanociencia y la nanotecnología, que se propone como vasto campo de acción llevar a cabo la modificación y profundas mejoras para calles y carreteras, edificios, plazas, túneles y puentes de nuestros países.

Un hecho importante en la coordinación de esfuerzos en este campo, fue la celebración del primer "Simposio Internacional sobre Nanotecnología y Construcción", en el 2003, organizado por el Scottish Centre for Nanotechnology in Construction Materials, en la Universidad de Paisley, Escocia, con la participación de más de 130 expertos de treinta países. Dicho Simposio fue uno de los frutos alcanzados en el marco del proyecto europeo NANOCONEX, dedicado a las aplicaciones de la nanotecnología en el sector de la Construcción. Este mismo año tuvo lugar, en Milán, una experiencia de reducción del aire contaminado que marca caminos para el futuro. Se cubrieron unos 7.000 metros cuadrados de calzada con cemento fotocatalítico, TX Millenium -proporcionado por la empresa italiana Italcementi-, obteniéndose hasta una disminución del 60 por ciento en el nivel de los óxidos de nitrógeno. Esta experiencia fue llevada a cabo en el marco del proyecto "PICADA", de la Unión Europea (Photocatalytic Innovative Coverings Application for Depollution Assessment), en la investigación y desarrollo de los llamados "smart construction materials", para la limpieza del aire.

Otra realización que cabe señalar es la de la iglesia "Dives in Misericordia", en Roma, diseñada por el arquitecto norteamericano Richard Meier, con utilización de "self-cleaning concrete", manteniendo limpia y de un blanco brillante su superficie. También en Tokio varios modernos edificios, entre ellos el Marunouchi Building, fueron cubiertos con photocatalytic tiles para reducir la acción decolorante de la contaminación atmosférica. Están comercializados y se utilizan ventanas y cristales que se auto-limpian, con empresas punteras como Saint-Gobain y Pilkington. En Estados Unidos, puentes como el Golden Gate Bridge tienen nanosensores incrustados para registrar y medir posibles anomalías y desperfectos. Los composites, cada vez más empleados en la construcción, ya habían sido utilizados en la ciudad de Kobe (Japón), tras el terremoto de 1995, para reforzar las columnas y soportes de hormigón de

las autopistas rodeándolas con varias capas de fibra de carbono y polímeros.

Una vía de mejora que va desarrollándose decididamente con la nanotecnología es la resistencia al fuego en los cristales y ventanales de las casas y de los distintos edificios. Ya están comercializados y se aplican a productos por parte de distintas empresas. Citemos, entre ellas, Pilkington (*Pilkington Pyrostop*), y la británica SCHOTT (*Pyranova*). Por otra parte, y más cerca de nosotros, cabe mencionar el puente construido con vigas de materiales compuestos próximo al aeropuerto de Asturias, obra de NECSO (grupo Acciona), junto con la inglesa Advanced Composites Group, ganador del premio internacional "Innovation Composites Awards Programme 2005", en la categoría de la Construcción. Citemos también el proyecto "Nanohouse Initiative", con el Institute of Nanotechnology, de la University of Technology de Sydney, CSIRO, y diversas organizaciones de Australia y de otros países, que recoge, en un audaz y atractivo compendio, logros y aplicaciones de la nanotecnología, así como de la domótica.

Dos objetivos fundamentales como el desarrollo sostenible y la competitividad encuentran en la nanociencia y la nanotecnología un aliado imprescindible. En España se ha celebrado el importante Simposio Internacional sobre Nanotecnología en la Construcción, en Bilbao (31 octubre- 4 noviembre de 2005), organizado por LABEIN-Tecnalia, donde se abordaron los retos existentes para la nanotecnología en el sector de la construcción. Antonio Porro, responsable del centro NANOC, LABEIN, y uno de los organizadores de dicho Simposio, ha destacado la interconectividad alcanzada en el mismo "entre universidades, centros tecnológicos y empresas". Un hecho relevante lo constituye la creación en la Comunidad valenciana de la Red RENAC. "Red para la Aplicación de la Nanotecnología en Materiales y Productos de la Construcción y el Habitat", en noviembre

de 2004 La nanociencia y la nanotecnología potenciarán enormemente el desarrollo futuro del sector de la Construcción. Por ello se plantea a las empresas de este ámbito la necesidad urgente de abordar la investigación y el desarrollo en este área, para no quedarse atrás en la carrera por la mejora y transformación, la competitividad y el desarrollo sostenible en este sector clave de la Construcción.

Orlando Carreño

Referencias:

Italcementi: www.italcementi.it

PICADA project: www.picada-project.com

Iglesia "Dives in Misericordia":

www.italcementigroup.com/newsite/Chiesa_2000.htm

W.Zhiu, J.C. Gibbs y P.J.M. Bartos, *Application of Nanotechnology in Construction. State of the art.. Report 2003, NANOCONEX/005. Report (2003)*

Saint-Gobain Recherche:

www.saint-gobain-recherche.com

Pilkington:

www.pilkington.com/applications/products/

SCHOTT: www.schott.com/uk/english/products/architectural/fire_resistant.html

Journal Better Roads: www.betterroads.com/articles/

Porro, Antonio: "Nanotecnología, el camino hacia los materiales del futuro", *Cemento*, julio 2005

Necso. Acciona Infraestructuras:

www.acciona-infraestructuras.es/

Nanohouse:

www.nano.uts.edu.au/nanohouse/download.html

NANOC. Centro para Aplicaciones de Nanomateriales en la Construcción, LABEIN, Bilbao:

www.nanoc.info/

Red RENAC. Red para la Aplicación de Nanotecnologías en Materiales para la Construcción y el Hábitat:

www.nano-renac.com



Iglesia *Dives in Misericordia* (Roma)



Innovation Composites Awards Programme 2005

NANOTECHNOLOGY RESEARCHERS NETWORK CENTER DE JAPÓN

El **Nanotechnology Researchers Network Center (Nanonet)** de Japón ha sido creado en julio de 2002, con el fin de proporcionar un sólido apoyo al desarrollo del "Nanotechnology Support Project" del MEXT (Ministerio de Educación, Cultura, Deportes, Ciencia y Tecnología) japonés. Entre las principales actividades de **Nanonet** figuran la difusión de una información diversificada y de gran interés acerca de la nanociencia y la nanotecnología, tanto en Japón como en el terreno internacional, por medio de su Sitio Web, con la edición de un Newsletter difundido por correo electrónico, mediante informes, folletos, DVD, presentaciones, etc. Otra de sus actividades destacadas consiste en la organización de simposios y workshops dirigidos a investigadores, con el fin de difundir ampliamente los más recientes desarrollos y logros en el campo de la nanotecnología.

El **Nanonet**, que depende del Instituto de Ciencia de Materiales, tiene los siguientes sectores principales de actividad:

Difusión de información sobre nanotecnología.- Con utilización de diversos medios de comunicación para transmitir información sobre la investigación en el campo de la nanociencia y nanotecnología, en el marco del Japón, y a escala internacional. Difusión de actividades de investigación sobre nanotecnología y patentes en dichos campos.

Desarrollo de una Red de Investigación.- Mediante la realización de congresos, simposios (como, por ejemplo, el "Japan Nano

2006", ya celebrado) y workshops dirigidos a investigadores, para establecer lazos, distintos tipos de colaboración, e intercambios de información.

Programas de Educación.- Desarrollo y apoyo de programas educativos destinados a jóvenes investigadores. Escuela de Nano.Bio. Intercambios internacionales para jóvenes investigadores, etc.

Impulso y desarrollo del "Nanotechnology Support Project".- Con el despliegue de una intensa actividad de promoción del mismo, mediante presentaciones, exposiciones, publicaciones de distinto tipo, DVD en Museos de Ciencia, etc.

Con respecto al "Nanotechnology Support Project", con una duración de cinco años, cabe señalar que se propone fomentar la colaboración entre empresas, universidades e instituciones y Gobierno, en el campo de la investigación en nanotecnología. Así como el facilitar a las Instituciones japonesas que se integren en el Proyecto, la utilización de avanzadas tecnologías y equipamientos y la actividad de grupos específicos de investigación, como el Synchrotron

Radiation Group, el Nano Foundries Group, o el Grupo de Síntesis y Análisis Molecular.

Nanotechnology Researchers Network Center of Japan

Toranomon 30, Mori Bldg. 2F,
3-2-2 Toranomon, Minatoku, Tokyo, 105-0001
<http://www..nanotec.go>
E.Mail: info@nanomet.jp

Este Calendario ha sido elaborado después de haber examinado la información de centenares de congresos, Jornadas y simposios sobre Nanotecnología realizados en el mundo, y constituye una selección de los mismos, por su importancia, su interés, o por particularidades propias.

NSTI Nanotech 2006

7 al 11 de mayo 2006
Boston, Massachusetts, U.S.A
Contacto: Sarah Wenning
Nano Science and Technology Institute
wenning@nsti.org
<http://www.nsti.org/Nanotech2006/>

2006 Symposium Nanotechnology & Neuroscience

7 al 11 de mayo 2006
Hynes Convention Center
Boston, Massachusetts, U.S.A.
galva@ucsd.edu
Nanotechnology to Neuroscience Symposium
http://www.nsti.org/Nanotech2006/symposiua/Nanotech_Neurology.html

International Conference on Nanoscience ICON 2006

7 al 11 de mayo 2006
Hotel Hacienda El Portete. Choroní, Venezuela
Contacto: icon2006@phantomsnet.net
www.phantomsnet.net

Nanotechnology in Northern Europe

16 al 18 de mayo 2006
Helsinki, Finlandia
Contacto: TAVI Congress Bureau. Ms. Noora Bergroth
noora.bergroth@tavicon.fi
<http://www.nano.fi/ntne2006/index.htm>

International Symposium on Nanotechnology in Environmental Protection ISNEPP 2006

18 al 21 de junio 2006
Hong Kong University of Science & Technology
International Conference Center
Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong, China
Contacto: **Min Cai**, Asia Pacific Nanotechnology Forum
MinCai@apnf.org
www.apnf.org

NT06: Seventh International Conference on the Science and Application of Nanotubes

18 al 23 de junio 2006
Hotel Metropolitan Nagano. Nagano, Japan
<http://nanotube.msu.edu/nt06/>

International Congress of Nanobiotechnology & Nanomedicine (Nanobio 2006)

19 al 21 de junio 2006
San Francisco Airport Westin Hotel,

San Francisco, U.S.A

Contacto: Program Coordinator at program@ianano.org
<http://www.ianano.org>

NANOMED 2006: Nanomedicine

27 al 28 de junio 2006
Newcastle Civic Centre. Newcastle upon Tyne, U.K.
Contacto: Benchmark Conference & Event Management
14 Blandford Square
Newcastle upon Tyne, NE1 4HZ
nanomed@benchcom.co.uk
www.benchcom.co.uk

NANO2006 Workshop

"Perspectives in Nanoscience and Nanotechnology"

4 al 6 de septiembre, San Sebastián
2006 DIPC (Donostia Internacional Physics Center)
Paseo Manuel de Lardizabal, 4
20018 San Sebastián (Guipúzcoa). España
Contacto: nano2006@sc.ehu.es
<http://dipc.ehu.es/nano2006/>

TNT 2006 "Trends in Nanotechnology"

4 al 8 de septiembre 2006
MINATEC, Grenoble, Francia
Contacto: Dr. Antonio Correia (TNT 2006)
PHANTOMS Foundation
PCM – Pabellón C
Campus de Cantoblanco . UAM
Ctra de Colmenar Viejo, Km. 15
28049 Madrid, España
E-mail: antonio@phantoms.net.net
Fax : + 34 91 4973471
<http://www.tnt2006.org/>

Nano Tech Taiwan 2006

27 al 29 de septiembre 2006
Taipei World Trade Center, Exhibition Hall Area A
5 Hsin-yi Rd., Sec.5, Taipei, Taiwan
Contacto: Ms. Kim Hsieh/Show Manager
nano@taira.org.tw
<http://www.TaipeiTradeShows.com.tw/Nano>

Eighth International Conference on Nanostructured Materials

Nano-2006

20 al 25 de agosto 2006
Indian Institute of Science, Department of Metallurgy
Bangalore-560012, INDIA
<http://met.iisc.emet.in/-nano2006>

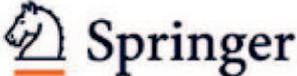
TNT 2006 Organising Committee

TNT 2006 Local Organising Committee

TNT 2006 Sponsors

TNT2006

Trends in NanoTechnology

September 04 - 08 , 2006 Grenoble (France)

MINATEC and Trends in Nanotechnology Conference series will join forces to organise 2006 event in Grenoble (France)

In response to the growing awareness of the importance of nanotechnology, many workshops, symposia, and conferences are being organised worldwide to discuss the latest advances and future tendencies of this field. Among those, the "Trends in Nanotechnology" conference series has become, undoubtedly, a key meeting in Europe.

This high-level scientific meeting series aims, therefore, to present a broad range of current research in Nanoscience and Nanotechnology as well as related policies (European Commission, etc.) or other kind of initiatives (INANO, IEEE, GDR-E, etc.). TNT events have demonstrated that they are particularly effective in transmitting information and establishing contacts among workers in this field. Graduate students fortunate to attend such events quickly learn the importance of interdisciplinary skills, thereby becoming more effective in their future research.

TNT2006 is being launched following the overwhelming success of earlier Nanotechnology Conferences. The TNT2006 edition will be organised out of Spain for the first time - Grenoble (France) - to emphasise the importance at the European level of the launch of the Centre of Innovation in Micro and Nanotechnology, MINATEC. This centre, to be inaugurated in June 2006, came into existence at the instigation of CEA-LETI Grenoble and Institut National Polytechnique Grenoble and its ambition is to become Europe's top centre for innovation and expertise in micro & nanotechnology. TNT2006 "Trends in Nanotechnology" (04-08 September, 2006) will be held in the brand new congress facilities of the Micro & Nanotechnology House within the MINATEC complex.

The TNT2006 structure will keep the fundamental features of the previous editions, providing a unique opportunity for broad interaction. TNT2006 will be organised by the following institutions: **Phantoms Foundation, Universidad de Oviedo, Universidad Autónoma de Madrid, Universidad Carlos III de Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Donostia International Physics Center, NIMS, University of Purdue, Georgia Tech, CEA-LETI-DRFMC and MINATEC.**

Confirmed TNT2006 Keynote Lectures

1. **Tsuneya Ando** (Tokyo Institute of Technology, Japan)
2. **Masakazu Aono** (Nanomaterials Lab. NIMS, Japan)
3. **Phaedon Avouris** (IBM Research Division, USA)
4. **Adrian Bachtold** (ICN-CNM, Spain)
5. **Flemming Besenbacher** (INANO, Denmark)
6. **Jean-Philippe Bourgoin** (CEA Saclay, France)
7. **Dan Dahlberg** (University of Minnesota, USA)
8. **Bernard Diény** (Spintec, France)
9. **Gerald Dujardin** (Universite Paris Sud, France)
10. **Lou-Fe' Feiner** (Philips Research Lab., Netherlands)
11. **Juan de la Figuera** (UAM, Spain)
12. **Jose-Maria Gomez Rodriguez** (UAM, Spain)
13. **Michael Heckmeier** (Merck KGaA, Germany)
14. **Ulrich Heiz** (University of Ulm, Germany)
15. **Christian Joachim** (CEMES-CNRS, France)
16. **Yuji Kuwahara** (Osaka University, Japan)
17. **Uzi Landman** (Georgia Tech, USA)
18. **Pierre Legagneux** (Thales Group, France)
19. **Laetitia Marty** (University of Montreal, Canada)
20. **Chad Mirkin** (Northwestern University, USA)
21. **Jens Norskov** (TU of Denmark, Denmark)
22. **Jakob Reichel** (Ecole Normale Supérieure, France)
23. **Federico Rosei** (INRS-EMT/ Univ. du Quebec, Canada)
24. **Toshitsugu Sakamoto** (NEC Corp., Japan)
25. **Lars Samuelson** (Lund University, Sweden)
26. **Daniel Sanchez Portal** (DIPC / CSIC-UPV/EHU, Spain)
27. **Thomas Skotnicki** (ST Microelectronics, France)
28. **Christoph Strunk** (University of Regensburg, Germany)
29. **Clayton Teague** (NNCO, USA)
30. **Jean-Marc Triscone** (University of Geneva, Switzerland)
31. **Mark Welland** (University of Cambridge, UK)
32. **Diederik Wiersma** (ELNLS, Italy)
33. **Roland Wiesendanger** (University of Hamburg, Germany)
34. **Stanley Williams** (HP, USA)

Poster Abstract Submission: August 01, 2006

Hosted by:

For more info, please visit:
<http://www.tnt2006.org>



Trends in NanoTechnology