



Ikerlan S.Coop
Pº J.M. Arizmendiarieta, 2
20500 ARRASATE - MONDRAGÓN
GIPUZKOA
Fernando Martínez
943 71 24 00 - fmartinez@ikerlan.es



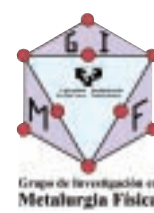
Maier Technology Center-MTC
Polígono Industrial Arabieta
Apartado 51
48300 GERNIKA - BIZKAIA
Mario Ordóñez
94 625 92 65 - marord@mtc.maier.es



Fundación Cidetec
Parque Tecnológico de Miramón
Paseo Miramón, 196
20009 Donostia - GIPUZKOA
Josetxo Pomposo
943 30 90 22 - jpomposo@cidetec.es



Inasmet
Mikelegi Pasealekua, 2
Parque Tecnológico / Teknologi Parkea
20009 Donostia - GIPUZKOA
Gonzalo Lilly
943 00 37 04 - glilly@inasmet.es



Grupo de Investigación en Metalurgia Física
UPV/EHU - Facultad de Ciencia y Tecnología LEIOA - BIZKAIA
Apartado 644, 48080 BILBAO
Jose Mº San Juan
94 601 24 78 - wmpsanuj@lg.ehu.es



Grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos
UPV/EHU - Facultad de Ciencia y Tecnología LEIOA - BIZKAIA
Apartado 644, 48080 BILBAO
Jon Gutiérrez
94 601 25 53 - jon@we.lc.ehu.es



Laboratorio de Química Macromolecular
UPV/EHU - Facultad de Ciencia y Tecnología LEIOA - BIZKAIA
Apartado 644, 48080 BILBAO
Jose Luis Vilas
94 601 59 67 - gfpvivij@lg.ehu.es



Robotiker
Parque Tecnológico, Edif. 202
48170 Zamudio - BIZKAIA
Arantxa Renteria
94 600 22 66 - arantxa@robotiker.es



Mondragón Unibertsitatea -
Goi Eskola Politeknikoa
Loramendi 4, Aptdo. 23
20500 Mondragón - GIPUZKOA
Iñaki Hurtado
943 79 47 00 -
ihurtado@eps.mondragon.du



Adimendun

M A T E R I A L A K

ABRIL 2004



Boletín externo ACTIMAT nº 3



- 1 PRESENTACIÓN
- 2 MAGNETOSTRICCIÓN Y MATERIALES MAGNETOELÁSTICOS
- 3 ACTIVIDADES
- 4 NOVEDADES
- 5 PUBLICACIONES, FERIAS Y CONGRESOS

Información

Para solicitar información acerca de estos artículos y publicaciones, contactar con

JOSE RAMÓN DIOS
GAIKER
CENTRO TECNOLÓGICO

Parque Tecnológico, Edificio 202
48170 Zamudio BIZKAIA SPAIN
Tel.: 34 94 600 23 23
Fax: 34 94 600 23 24
e-mail: dios@gaiker.es

EUSKO JAURLARITZA

INDUSTRIA MERKATARITZA ETA
TURISMO SAILA

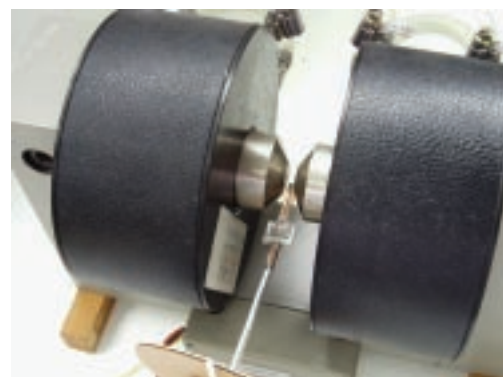


GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA
COMERCIO Y TURISMO

PRESENTACIÓN

Dedicamos el tercer número del Boletín al tema de "Magnetostricción y Materiales Magnetoelásticos", línea de trabajo liderada por el *Grupo de Magnetismo y Materiales Magnéticos de la U.P.V./E.H.U.*



Los materiales magnetostrictivos se caracterizan por presentar una respuesta mecánica a los estímulos magnéticos y viceversa. En la actualidad los materiales magnetostrictivos más utilizados son el Terfenol y los vidrios metálicos, y se están investigando nuevos materiales como el Galfenol y las aleaciones de forma ferromagnética. Uno de los ámbitos de aplicación de este tipo de materiales es el diseño de sensores, donde su utilización más directa es la medida de tensiones mecánicas y la posibilidad de la detección sin contacto. Así mismo, se pueden aplicar al diseño

de actuadores, como de motores magnetostrictivos o sónares basados en Terfenol, o resonadores magnetoelásticos basados en vidrios metálicos, aplicables para el diseño de sistemas antihurto, etiquetas de identificación remota y detectores de parámetros físicos.

En general, se trata de materiales activos generalmente utilizados en el diseño de sensores y actuadores dirigidos a diferentes sectores (seguridad, automoción, ...), lo que justifica su avance y la dedicación al desarrollo y a la investigación de los mismos.

Por otra parte, aprovechamos la ocasión para presentar a tres nuevos miembros de ACTIMAT (INASMET, ROBOTIKER y MONDRAGON GOI ESKOLA POLITEKNIKOA), que sin duda enriquecen y potencian las actividades del Consorcio ACTIMAT.

D. José Ramón Dios
Coord. del Consorcio ACTIMAT

Miembros del Consorcio



GRUPO DE MAGNETISMO Y MATERIALES MAGNÉTICOS

UPV/EHU. Facultad de Ciencia y Tecnología (Leioa)

INTRODUCCIÓN

Se entiende por *magnetostricción* el cambio en las dimensiones de un material ferromagnético al ser sometido a la acción de un campo magnético externo.

Este efecto fue descubierto por J. P. Joule en 1842 al observar la deformación del Níquel al ser imanado. La magnetostricción supone una influencia cruzada entre las propiedades magnéticas y elásticas del material. A nivel atómico este efecto tiene su origen en el acoplamiento spin-órbita y se presenta en mayor o menor medida en todos los materiales ferro y ferri-magnéticos. Es un efecto pequeño en general, pues, por ejemplo para el Níquel, es del orden de unas pocas partes por millón (30 ppm). El efecto inverso (cambio en el estado magnético del material al ser sometido a la acción de una tensión mecánica externa) se conoce como *magnetoelasticidad*. Este efecto es mucho más aparente en materiales que se iman con facilidad, es decir magnéticamente blandos.

Ambos efectos constituyen el principio de funcionamiento de numerosos dispositivos sensores y actuadores.

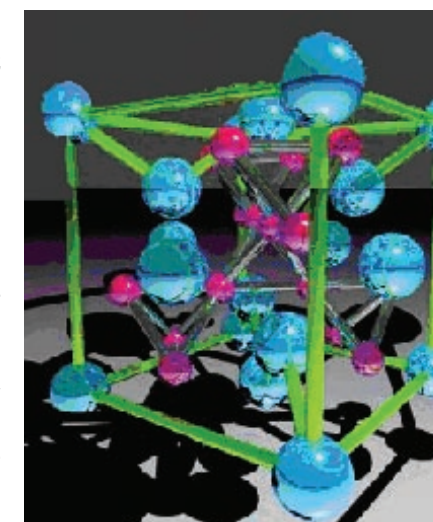
MATERIALES

Los materiales magnetostrictivos forman parte de los llamados "Materiales inteligentes" (Smart Materials) por presentar una respuesta mecánica a los estímulos magnéticos. En este sentido son primos hermanos de los materiales piezoeléctricos, descubiertos a finales del siglo XIX por los hermanos Curie.

La imanación, dentro de los dominios magnéticos de los materiales magnetostrictivos, gira cuando se aplica un campo magnético produciendo una deformación proporcional y repetitiva en algunos microsegundos. La facilidad de giro de la imanación viene determinada por la anisotropía magnética del material, que también es uno de los factores determinantes de sus propiedades "inteligentes"



James Prescott Joule



Estructura cristalina del Terfenol

MAGNETOSTRICCIÓN Y
MATERIALES MAGNETOELÁSTICOS

PRESENTACIÓN



Vidrio metálico (FeCoSiB) obtenido en forma de cinta

El primer material magnetostrictivo utilizado con éxito es el *Niquel*. Sin embargo su magnetostricción es pequeña y rápidamente se buscaron materiales con mejores prestaciones. La magnetostricción de ciertas Tierras Raras, como el Terbio, son mucho mayores (unas 3000 ppm) pero solamente a temperaturas extraordinariamente bajas. La adición de hierro al Terbio y otras Tierras Raras (TR) da lugar a compuestos intermetálicos de fórmula $TRFe_2$, que cristalizan en estructura cúbica (fases de Laves) y que presentan una magnetostricción gigante a temperatura ambiente, pues el hierro hace subir de forma espectacular la temperatura de Curie, por debajo de la cual se presentan las propiedades ferromagnéticas de estos materiales. Los campos magnéticos a que el $TeFe_2$ se deforma son muy elevados a causa de la gran anisotropía magnética del Terbio. Este problema se puede paliar añadiendo Disproso (Dy) que rebaja la anisotropía del Terbio, a costa de una cierta disminución de la magnetostricción (unas 1500 ppm). El resultado fue el Terfenol-D, de composición $Tb_{0.27}Dy_{0.73}Fe_{1.95}$ (disponible comercialmente desde los 80's).



Dispositivo para la medida de tensión y par

El Terfenol-D se desarrolló en el Naval Ordnance Laboratory de los Estados Unidos como un sustituto de los resonadores piezoeléctricos cerámicos (PZT) utilizados en los equipos de SONAR. El nombre del material es fácilmente entendible TER = Terbio, FE= hierro NOL= Naval Ordnance Laboratory, D= Disproso.

El Terfenol-D es un material capaz de convertir muy eficientemente energía mecánica en magnética y viceversa.

Así puede generar deformaciones 20 veces mayores que los materiales magnetostrictivos tradicionales y de 2 a 5 veces mayores que las cerámicas piezoeléctricas. Su temperatura de Curie es alta (380 °C), lo que permite obtener deformaciones magnetostrictivas de hasta 1000 ppm a 200 °C. La fuerza desarrollada es también muy grande. Una barra de 2,5 pulgadas de diámetro es capaz de dar más de 50.000 libras de empuje dinámico.



Etiqueta magnetoelástica utilizada en sistemas antihurto

En la actualidad los materiales magnetostrictivos más utilizados son el *Terfenol* y los *vidrios metálicos*, obtenidos por enfriamiento ultrarrápido.

Los vidrios metálicos tienen magnetostricciones bajas comparadas con el Terfenol, pero su anisotropía magnética es inexistente debido a la falta de orden cristalino, por lo que su imanación presenta una sensibilidad



Sensor de posición magnetostrictivo.

a las tensiones mecánicas aplicadas igual o incluso mayor que el Terfenol.

Nuevos materiales como el Galfenol (Ga-Fe) y las aleaciones con memoria de forma ferromagnética (Ni₂-Mn-Ga) se presentan como prometedoras alternativas en estudio.

El Galfenol es el más reciente de los materiales magnetostrictivos descubiertos (1998). Aunque su magnetostricción es solamente 1/3 ó 1/4 de la del Terfenol-D es mucho más robusto que éste y permite su utilización en ambientes mecánicamente muy agresivos.

APLICACIONES EN SENSORES

Una aplicación directa de los materiales magnetoelásticos es la *medida de tensiones mecánicas*. Por ejemplo en la construcción de balanzas de bajo coste y gran precisión. Para esta aplicación se requiere únicamente una pequeña bobina que rodee el material. La medida del coeficiente de autoinducción de dicha bobina es extraordinariamente sensible a las tensiones que actúan sobre el material.

La posibilidad de detección sin contacto hace este efecto especialmente indicado para la

medida de par en ejes mientras giran. Esta aplicación se encuentra en el mercado de la mano de ABB pero solamente en dos mercados específicos: la transmisión de potencia en ejes marinos mediante voluminosos conjuntos de bobinas, y en los coches deportivos de altísima gama (fórmula 1 y similares).

Sensores de posición:

Las líneas de retardo magnetostrictivas están formadas por un hilo cinta o tubo de material suficientemente sensible como para poder excitar ondas elásticas mediante pulsos de campo magnético. La propagación de estas ondas se puede ver influenciada por parámetros externos tales como la presencia de imanes o campos magnéticos en determinadas zonas de la línea, lo que produce reflexiones de las ondas que pueden detectarse fácilmente por medios eléctricos.

Así las líneas de retardo magnetostrictivas permiten determinar, también sin contacto, la posición de un objeto, siendo ésta una de las aplicaciones más extendidas.

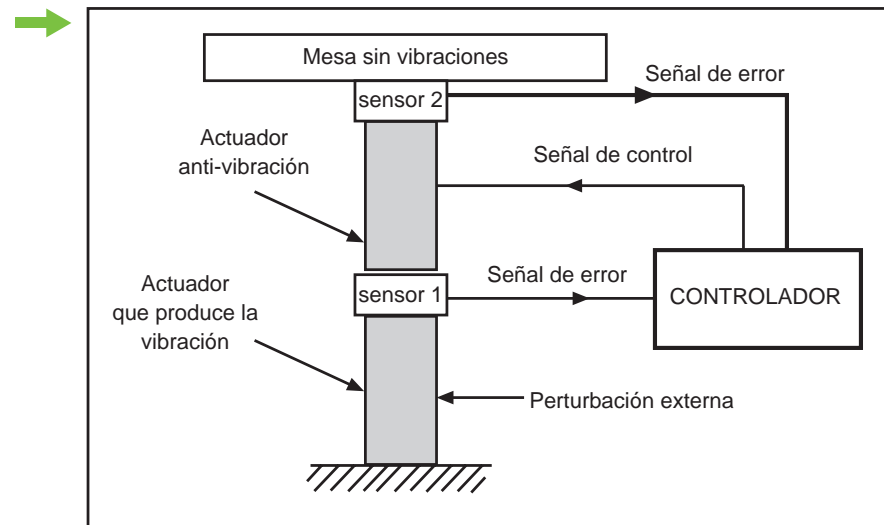
Los vidrios metálicos en forma de cinta se utilizan también como *resonadores magnetoelásticos*. En ellos se excita una vibración mediante un campo magnético alterno $h(t)$ de frecuencia tal que se establezca una onda estacionaria en la cinta en cuestión. La frecuencia de esta onda es muy sensible a parámetros externos como:

- Un campo magnético constante aplicado expresamente o presente por cualquier causa externa.
- Cambios de masa en la cinta por depositarse en ella sustancias, humedad, etc..
- Cambios de temperatura.

Los resonadores magnetoelásticos se utilizan corrientemente en diversas aplicaciones:

- *Sistemas antihurto*.
- Etiquetas de identificación remota.
- *Detectores de parámetros físicos* (temperatura, humedad, campo magnético) y químicos o biológicos (concentración de gases, moléculas, etc).





Demostrador de supresión de vibraciones magnetostrictivo

APLICACIONES EN ACTUADORES

Una aplicación clásica es el Sónar (los primeros sónares utilizaban núcleos de Níquel para generar los ultrasonidos). Actualmente se comercializan algunos dispositivos de funcionamiento similar basados en Terfenol. Estos son mucho más eficientes que los de Níquel e incluso que los de cerámicas piezoeléctricas. Los niveles de señal de los sistemas de Sónar basados en Terfenol superan los 210 dB de los transductores simples. La sustitución de resonadores piezoeléctricos (PZT) por otros de Terfenol-D supone directamente un aumento de 10 dB en potencia y una disminución de un 10-20% en la frecuencia de operación. Las ventajas del Terfenol se pueden resumir en: aumento del ancho de banda, mejor funcionamiento a baja frecuencia, disminución del tamaño y peso del transductor y mayor vida del mismo, al ser más robusto.

Una aplicación en esta misma línea es el motor lineal magnetostrictivo, que utiliza directamente la deformación producida por el campo para realizar el movimiento. El dispositivo se conoce como *worm-line motor* o Kiesewetter motor (por su inventor).

Entre otras, este efecto también ha encontrado aplicación en sistemas de *supresión activa de ruido y vibraciones*.

En general la supresión activa de ruido actúa inyectando una señal igual pero

opuesta al sistema para anular el ruido o vibración indeseable. Esto puede realizarse mediante actuadores de TERFENOL. La detección de la vibración o el ruido es también posible mediante sensores magnetoelásticos. En la Universidad de Hull (UK) se ha desarrollado un demostrador de la supresión de vibraciones que consiste en un par de cilindros de Terfenol uno de los cuales actúa como fuente de vibración mientras el otro actúa en sentido contrario, manteniendo la mesa inmóvil a pesar de las perturbaciones introducidas por el primero. Gracias a un sofisticado esquema de control electrónico el sistema es capaz de conseguir una reducción de 32 dB en el nivel de vibración de la mesa.

Finalmente una aplicación reciente ofertada comercialmente es la de los "escaparates susurrantes" (Whispering Windows™). Esta tecnología transforma cualquier ventanal en un altavoz gigante que puede difundir música o anunciar, mediante mensajes de audio, información de ventas o marketing a los clientes que pasan por delante y que de otra forma no prestarían atención al comercio en cuestión. El transductor es pequeño e intercambiable entre distintos ventanales. Como ventajas claras se destacan el que no impide la vista y que el volumen de sonido puede ser bajo, pues la fuente "parlante" está distribuida en una gran superficie. Los clientes oirán el mensaje mientras siguen con su conversación o pasean tranquilamente.

LABORATORIO DE QUÍMICA MACROMOLECULAR

UPV/EHU Facultad de Ciencia y Tecnología (Leioa).

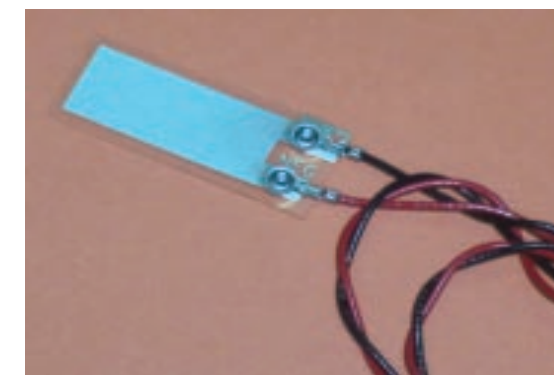
Cubre la investigación básica en la generación de polímeros activos con propiedades piezoeléctricas y memoria de forma, así como otras síntesis relacionadas con materiales orgánicos activos. Uno de los polímeros base son los poliuretanos.

SÍNTESIS DE POLIURETANO ACTIVO

El sistema para sintetizar el elastómero de poliuretano consta de la mezcla de 2, 4-toluendiisocianato y 2, 6-toluendiisocianato (80 y 20% en peso respectivamente), polietilenglicol y 1,4-butanodiol como alargador de cadena.

El elastómero consta de una fase blanda (baja Tg) y una fase rígida que actúa de entrecruzante entre fases blandas; la fase blanda la constituyen el polietilenglicol (cadena larga y flexible) condensado con el isocianato, y la fase rígida, el butanodiol (cadena corta) que reacciona con el isocianato. Variando la proporción relativa de fase dura y fase blanda se pueden obtener distintas Tg.

Una vez optimizadas la temperatura de síntesis (80°C) y las proporciones de fases (entre 60 y 90% en fase blanda) se procede a la síntesis del elastómero en atmósfera de nitrógeno mediante dos pasos: dos horas para la fase blanda y otras dos horas una vez añadido el butanodiol. De este modo se obtiene un poliuretano viscoso, que se cura en un molde durante 40 horas a una temperatura de 100°C y que nos permite un amplio rango de módulos elásticos.



Caracterizado el polímero, el mismo será utilizado de base para polímeros magnetostrictivos y materiales compuestos con memoria de forma.

Polímeros magnetostrictivos

A la matriz polimérica (el poliuretano), se añadirá micropartículas de Níquel y Terfenol-D, estudiando la respuesta magnetostrictiva que adoptará el composite al someterlo a un campo magnético.

Material compuesto con memoria de forma.

El material compuesto consta de una matriz polimérica (el poliuretano elastómero antes mencionado) e hilos de una aleación de Níquel y Titanio (Nitinol) embebidos en dicha matriz, los cuales son los responsables de la memoria de forma del material. En este tipo de sistemas se está tratando de modificar el módulo elástico de la matriz polimérica mediante el efecto de memoria de forma de los hilos de Nitinol.

POLÍMEROS PIEZOELÉCTRICOS

En este trabajo se tiene como objetivo estudiar la piezoelectricidad en diferentes poliimidas a altas temperaturas. Se sospecha que el grupo funcional CN (ciano) aporta muy buenas propiedades piezoeléctricas al compuesto, aunque éstas varían considerablemente en función de su posición en la poliimida. Ésta se obtiene por reacción de un dianhídrido y una diamina. Se ha escogido como dianhídrido, el anhídrido 4,4'-oxidiftálico y se están variando las diaminas:

4,4'-diaminodifenilsulfona
3,3'-diaminodifenilsulfona
2,6-bis(3-aminofenoxi)benzotrilo
2,4-bis(3-aminofenoxi)benzotrilo...

Las dos primeras aunque no tienen grupos CN pueden tener buenas propiedades piezoeléctricas y por ello se está estudiando su comportamiento. En cuanto a las diaminas con grupos CN, como no se comercializan, ha sido difícil encontrar rutas de síntesis para obtenerlas, si bien se está procediendo con las mismas.

Sensor piezoeléctrico polimérico de PVDF.



→ Una vez obtenidas las diferentes poliimididas, se estudiará su comportamiento piezoeléctrico. Para ello, se aplicará una capa de plata con dos electrodos y se polarizará a temperaturas y campos eléctricos altos para orientar los dipolos. Una vez polarizado, se estudiará las propiedades piezoeléctricas tales como la polarización remanente, la constante dieléctrica, la tensión de relajación dieléctrica, el coeficiente piezoeléctrico de carga y de voltaje...

POLÍMEROS MAGNÉTICOS

En este trabajo lo que se pretende obtener son partículas metálicas nanométricas (10 nm), como el Fe, Co y Ni que poseen propiedades magnéticas.

Se presenta como gran problema la facilidad con la que se oxidan estos metales. Para evitar este problema se ha optado por realizar

la síntesis en microemulsión, utilizando una matriz polimérica. La existencia de la capa micelar favorecerá la no oxidación de los metales y además se tendrá mayor control del tamaño de la partícula.

Para la producción de estos metales se ha utilizado el método de descomposición térmica de carbonilos metálicos.

En una primera síntesis, se han fabricado partículas de Fe a partir del pentacarbonil férrico y se ha utilizado como surfactante un copolímero en bloque al cual se le ha injertado tetraetilenpentanamina mediante una sustitución nucleófila, con el fin de proporcionar carácter hidrofílico al surfactante.

Se está sintetizando partículas de Co con el mismo método, si bien en este caso con la descomposición térmica del octacarbonil de dicobalto y utilizando esta vez ácido oleico y amina oleica.

FUNDACIÓN CIDETEC

Parque Tecnológico de Miramón (Donosti)

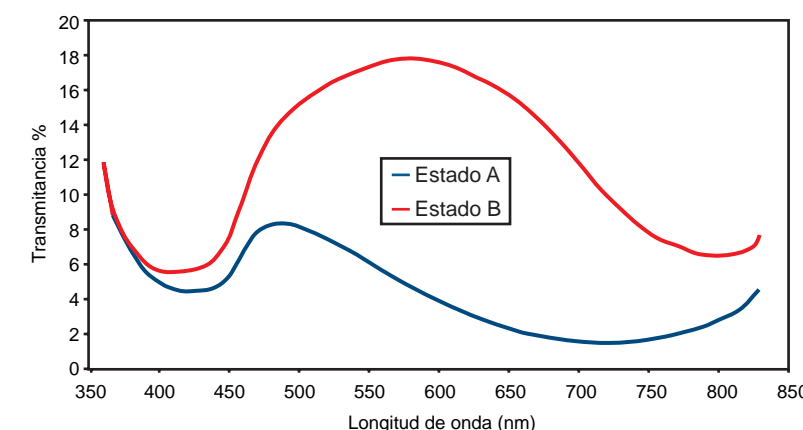
CIDETEC centra sus actividades de I+D básica dentro de ACTIMAT en varios campos. El primero de ellos, el estudio de nuevos materiales electroactivos que puedan ser empleados en dispositivos inteligentes. Destacan en este sentido dos trabajos publicados por el grupo de CIDETEC relativos al desarrollo de geles electroactivos de alta conductividad publicados en las revistas internacionales de prestigio *Macromolecular Rapid Communications* (23, 659-663, 2002) y *Polymer* (44, 5057-5059, 2003), así como otros dos artículos relativos al empleo de nuevos aditivos para la síntesis de polímeros electroactivos de alta conductividad y propiedades hidrofóbicas editados en las revistas *Synthetic Metals* (126, 111-116, 2002) y *Advanced Materials* (14, 749-752, 2002), respectivamente.

Otro de los campos de trabajo es el diseño de nuevos materiales y la construcción y caracterización de dispositivos electrocrómicos flexibles totalmente plásticos. Así, el grupo de CIDETEC ha desarrollado un dispositivo electrocrómico flexible que cambia de color entre azul claro y azul oscuro utilizando únicamente tres capas de material activo, siendo dos de ellas iguales. Este trabajo novedoso va a ser publicado en breve en la revista de prestigio (con un índice de impacto ISI de 6.801) *Advanced Materials* con el título "A novel simplified all-plastic electrochromic device". Asimismo, la caracterización electroóptica y electroquímica del dispositivo se describe en dos artículos recientes enviados a las revistas *Optical Engineering* y *IEEE Sensors*.

Por último, destacar el trabajo realizado en el último año relativo a la síntesis de nuevos materiales multifuncionales compuestos de nanopartículas magnéticas y polímeros conductores intrínsecos, que ha sido aceptado en la revista *Nanotechnology* para ser publicado en breve con el título "CoFe₂O₄-Polypyrrole Nanocomposites: New Multifunctional Materials".



Laboratorio de CIDETEC



Cambio en la transmitancia (color) del dispositivo electrocrómico desarrollado por CIDETEC entre sus estados oxidado (A) y reducido (B)



Instalaciones del Laboratorio de Química Macromolecular UPV/EHU



Inasmet, Parque Tecnológico de Miramón, Donostia, Gipuzkoa



Robotiker, Parque Tecnológico de Zamudio, Vizcaya

- INASMET
- ROBOTIKER
- MONDRAGON GOI ESKOLA POLITEKNIKOA

Entran a formar parte del proyecto ACTIMAT



Campus de la Universidad de Mondragón

■ ■ ■ Incorporación de tres nuevos miembros al consorcio ACTIMAT

El proyecto ACTIMAT comenzó su andadura en el año 2002, en el marco del Plan de Ciencia y Tecnología 2002 – 2004. Desde ese momento, se intentó buscar la forma de potenciar una mayor sinergia y cooperación entre agentes de la Red Vasca de Ciencia y Tecnología con actividad y experiencia en los materiales y procesos inteligentes; así como fortalecer las actuaciones en todas las líneas de investigación incluidas en el Programa de Materiales Inteligentes, materiales, procesos y modelización.

Por ello, la mejora en ACTIMAT se ha materializado a través de la integración de tres nuevos miembros, que aportan nuevos potenciales necesarios en la generación de conocimiento en materiales y procesos inteligentes.

Los tres nuevos miembros de ACTIMAT son: INASMET, ROBOTIKER y MONDRAGON GOI ESKOLA POLITEKNIKOA (MGEP). La incorporación de estos tres nuevos agentes de la Red de Tecnología Vasca, va a suponer un importante incremento de la masa crítica, que permitirá la aparición de nuevas actividades dentro de las líneas de trabajo ya abiertas.

De este modo, en el ámbito de los materiales activos no poliméricos, aparecen dos nuevas líneas de trabajo, por un lado, "Materiales Cerámicos Activos, Piezoeléctricos y Piezoresistivos", desarrollando actividades relacionadas con el diseño y las técnicas de fabricación de estos materiales; y por otro lado, "Materiales Inteligentes Inorgánicos en Capas", y su aplicación a sensores y actuadores físicos, químicos y biológicos.

Aparecen además dos aplicaciones concretas en el ámbito de "Aplicaciones en Procesos y Estructuras", ya que se pretenden aplicar dichos conceptos, tanto en procesos de "Solidificación de Metales", de forma que el control inteligente permite un control activo sobre las variables del sistema permitiendo alcanzar unas propiedades óptimas definidas; como en "Productos Inteligentes", de forma que dichos productos sean capaces de optimizar su comportamiento en vida.

Así mismo aparece una nueva línea de trabajo referente al "Control y Modelización Inteligente", en la que se van a abordar temáticas como la "Modelización de Procesos, Material y Comportamiento de Producto", que dará lugar al conocimiento de las dinámicas de los procesos, materiales y comportamiento en servicio de los productos; o como la "Ingeniería de Control Inteligente", donde se desarrollarán redes neuronales, lógica difusa o sistemas expertos y algoritmos generativos, que permitan una toma de decisiones y actuación más cercanas a la inteligencia.

LIBROS

- **ADVANCED FIBERS AND COMPOSITES**, Francis S. Galasso, Gordon – Breach Publishing Group, January 1989. Para más información: <http://search.barnesandnoble.com/bookSearch>
- **PIEZOELECTRIC CERAMICS**, Bernard Jaffe, Hans Jaffe and William R. Cook, Academic Press, Incorporated, January 1990. Para más información: <http://search.barnesandnoble.com/bookSearch>
- **"Electroactive Polymer (Eap) Actuators As Artificial Muscles : Reality, Potential, and Challenges"**, by Yoseph Bar-Cohen (Editor). Hardcover - March 2001. Para más información: www.allbookstores.com/browse/Author/Bar-Cohen
- **"Functional Hybrid Materials"**, Gómez-Romero, P. - *Materials Science Institute Barcelona (CSIC) / Sanchez, C. (eds.) - Université Pierre et Marie Curie, Paris France. WILEY-VCH.* Para más información: www.wileyurope.co

REVISTAS

- **"Mechanics of Advanced Materials and Structures"**, Edited by J.N. REDDY – *Department of Mechanical Engineering, Texas A&M University.* Para más información: www.tandf.co.uk/journals/titles
- **"Smart Materials and Structures"**. Actualmente, GAIKER dispone de los índices correspondientes a Febrero y Abril de 2004, de la revista "Smart Materials and Structures", que publica cada dos meses el *Institute of Physics*.



CONGRESOS ■ ■ ■

- **20 – 22 Abril: "ACIC 2004: Advanced Polymer Composites for Structural Applications"**, Guildford, UK. Para más información: <http://www.surrey.ac.uk/eng/research/ems/csru/conference.htm>
- **24 – 29 Abril: "47th SVC Technical Conference and Smart Materials Symposium"**, Dallas, Tx United States. Para más información: www.svc.org/TC/TC04/CFPPrelim.html
- **26 – 28 Abril: "Flexible Displays and Electronics 2004"**, San Francisco, United States. Para más información: http://www.intertechusa.com/Division_Electronics/04_26_Flex/2a_introduction.html
- **17 – 19 Mayo: "IMS 2004: International IMSForum 2004"**, Cernobbio, Italia. Para más información: <http://www.imsforum2004.org/>
- **17 – 19 Mayo: "SMEBA 2004: International Symposium on Smart Materials for Engineering and Biomedical Applications"**, Suzhou, Jiangsu, China. Para más información: http://www1.todokete.net/member-jaem/member/1061514731_1.pdf
- **31 Mayo – 2 Junio: "HPSM – 2004: 2nd International Conference on High Performance Structure and Materials"**, Ancona, Italy. Para más información: <http://www.wessex.ac.uk/conferences/2004/hpsm04/>
- **9 – 11 Junio: "EWOFS'04 Second European Workshop on Optical Fibre"**, Santander, Spain. Para más información: <http://grupos.unican.es/GIF/Ewofs.htm>
- **14 – 16 Junio: "ACTUATOR 2004"**, Bremen, Germany. Para más información: <http://www.actuator.de/>