

Departamento de Óptica. Facultad de Ciencias Físicas. UCM

La nanotecnología, un cambio similar al de la revolución industrial

Eusebio Bernabeu es Catedrático del Departamento de Óptica de la Facultad de CC. Físicas de la Universidad Complutense de Madrid. Sus principales líneas de investigación se orientan hacia el estudio de sistemas y dispositivos de metrología óptica aplicada.

Eusebio Bernabeu posee una larga trayectoria docente e investigadora. Ha publicado más de 230 artículos en revistas científicas especializadas y diez libros. Ha dirigido y codirigido unas cincuenta tesis doctorales y junto con su equipo y en colaboración con numerosas empresas del sector ha desarrollado una decena de patentes. Sus trabajos se centran sobre todo en codificadores ópticos.



Eusebio Bernabeu Martínez

Isabel Gayol Menéndez

El grupo de investigación que dirige Eusebio Bernabeu se denomina *Grupo Complutense de Óptica Aplicada* y está formado por aproximadamente veinte doctores de plantilla, más aproximadamente entre cuatro y seis becarios por curso. El equipo tiene una media de edad relativamente baja, en torno a los cuarenta años y todos sus componentes poseen una excelente trayectoria profesional contrastada.

La actividad del grupo está orientada fundamentalmente a “Sistemas y dispositivos de metrología óptica aplicada”, como sistemas de medida en tres dimensiones, sistemas de medida de deformaciones o sistemas metrológicos de altas prestaciones, es decir, lo que se conoce como reglas y codificadores ópticos. El equipo que dirige Eusebio Bernabeu lleva 23 años trabajando en este campo en colaboración con una de las empresas líder del sector: *FAGOR AUTOMATION SOCIEDAD COOPERATIVA*, la cual pertenece al grupo MCC y junto con la que han desarrollado diversas patentes. En la actualidad esta compañía dispone de su propio centro de investigación, AOTEK, con el que el equipo también colabora, así como con el centro de I+D, IKERLAN, también del grupo MCC. “En este ámbito estamos desarrollando una Nano-regla, que sería la base de los sistemas mecanizados de máquina-herramienta y de instrumentación científica de alta precisión. Esta Nano-regla potencialmente podría tener una aplicación en el espacio ya que los instrumentos que se van a incorporar en los satélites o en las estaciones espaciales pretenderían controlar operaciones y movimientos de instrumentación de gran precisión en el espacio”, afirma Eusebio Bernabeu.

La codificación óptica es la base de todo lo que supone máquina-herramienta en su aplicación industrial, instrumentación científica de alta precisión o instrumentación aplicada a tecnología espacial o de automoción. Este tipo de industrias requieren sistemas de medida de alta precisión, como son las reglas o los codificadores ópticos, capaces de realizar medidas de rotaciones con una gran precisión. Según el doctor Bernabeu, “en este campo operamos con sistemas de interferencias o de difracción de la luz, o con ambos sistemas conjuntamente. Utilizamos todos los recursos de la luz aplicados a la codificación, es decir, aplicamos las características

Las nanotecnologías representan un cambio tan fuerte como lo fue la Revolución Industrial. Estamos ante un cambio del desarrollo tecnológico tan fuerte como el que se dio en esa época

de la luz para conseguir una mayor precisión, ya que se trata de controlar movimientos a escala nanométrica, del orden de los 10 nanómetros”.

Dentro de esta línea, el Grupo Complutense de Óptica Aplicada dispone de dos sistemas de grabación: uno por láser, para micro y nanolitografía, que les permite fabricar las ópticas difractivas y los diferentes componentes ópticos y un segundo grabador láser de grabación directa, que han adquirido recientemente, para realizar modificación superficial de fase de objetos transparentes y que supondría la línea de trabajo de más alta cualificación.

Al mismo tiempo, Eusebio Bernabeu dirige, junto con otros colaboradores, un grupo dedicado al sistema de iluminación óptica de altas prestaciones, con dos elementos de estudio: el primero consistiría en la utilización de LED (Diodos electroluminiscentes) como elementos de fuentes de luz para el desarrollo de nuevas luminarias. La utilización de LED está comenzando a ser competitiva frente a las fuentes convencionales de luz como las lámparas de incandescencia o las lámparas de yodo cuarzo. Estos diodos electroluminiscentes se están empezando a utilizar para reemplazar determinados dispositivos como los sistemas de balizamiento en los aeropuertos o los sistemas de balizas para el tráfico rodado. El segundo elemento en el que este grupo está trabajando es en el desarrollo de sistemas de iluminación especial para el aprovechamiento de la luz natural dentro de los edificios. “En este sentido tenemos una especial colaboración con la Fundación Rafael Escolá, ligada al Grupo de ingeniería IDOM. En este ámbito además, coordino un proyecto de la Comunidad de Madrid, denominado *Programa Archisens*, en el que participan otros grupos universitarios de la Universidad Politécnica de Madrid como el grupo LQECC (Laboratorio químico de ensayos y control de calidad), el LPD/DIM (ambos de la Escuela de Ingenieros Industriales) y el Grupo de Conectividad (GC) de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones”, explica el catedrático. Este programa está dedicado al desarrollo de nuevos sensores y redes de sensores, fundamentalmente de tecnología inalámbrica, para la mejora del confort y del rendimiento energético en edificación.

Asimismo existen una serie de estudios en el ámbito de la iluminación y de la colorimetría, vinculados a las anteriores líneas de investigación, en los que el grupo de investigación recibe encargos puntuales para realizar informes detallados sobre infinidad de temas. En la actualidad trabajan para un encargo de Patrimonio Nacional, que consiste en realizar un estudio colorimétrico de la Dama de Elche. “En este caso pretendemos hacer un estudio de la tipificación de los residuos de color que le quedan a la Dama de Elche para controlar si esos colores se están perdiendo o degradando. Hacemos el informe de la colorimetría de los elementos que nos encargan”, matiza Eusebio Bernabeu.

Otra línea de trabajo consiste en la caracterización óptica de materiales. “Contamos con equipamientos muy buenos como es la elipsometría espectroscópica, espectrogonimetría automática, así como microscopía de fuerza atómica o microscopía óptica con focal para el estudio de superficies. Tenemos un buen laboratorio de estudio de superficies y de tratamiento de esas superficies: tratamientos multicapa o metálicos, de estructuras oxidadas o posivadas, etc.”, afirma Bernabeu.

Trabajamos mucho en colaboración con empresas porque creemos que el futuro de la investigación va por ese camino

Utilizamos todos los recursos de la luz aplicados a la codificación, es decir, aplicamos las características de la luz para conseguir una mayor precisión, ya que se trata de controlar movimientos a escala nanométrica, del orden de los 10 nanómetros”

Existe otro grupo de investigación que Eusebio Bernabeu ayudó a poner en marcha y que ahora es coordinado por otros colaboradores, en el que el objetivo principal de investigación es el desarrollo de sensores por fibra óptica. “Tenemos un buen laboratorio de óptica que se puede aplicar a multitud de actuaciones, como son la caracterización de materiales, el estudio de deformaciones o de superficies en todas sus características. Hemos hecho proyectos para la empresa de Construcciones Aeronáuticas DIVISION ESPACIO y en esta línea estamos intentando poner en marcha un proyecto europeo en el ámbito del espacio, para máquina-herramienta en el espacio asistida por láser”, incide el investigador.

Recientemente han acabado el proyecto europeo Nanoroad SME, en torno a la prospectiva de los nanomateriales para uso y aplicación industrial, fundamentalmente de PYMES. Este proyecto, encargado por la Unión Europea, ha sido elaborado conjuntamente por 16 países y ha tenido una duración de dos años y medio. Eusebio Bernabeu ha sido responsable de la parte de materiales amorfos y de todo lo referente a las aplicaciones ópticas de los materiales, mientras que la otra representante española del proyecto, la profesora Larena, de la Escuela de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid se encargaba de los nanopolímeros. Es un proyecto interesante porque permite ofrecer herramientas a las PYMES españolas que quieran incorporarse a las nuevas nanotecnologías para el uso de materiales nuevos en los sectores de la construcción, energía, aeroespacial, automoción, etc. “Las nanotecnologías representan un cambio tan fuerte como lo fue la Revolución Industrial, estamos ante un cambio del desarrollo tecnológico tan fuerte como el que se dio en esa época”, afirma Bernabeu.

Recientemente Eusebio Bernabeu ha sido nombrado delegado español en las acciones COST de la UE en el ámbito de materiales, nanotecnologías y física aplicada. Además, dirige una red temática de metrología óptica aplicada (OPTOMED), que ya está funcionando a escala nacional desde hace dos años y que quieren internacionalizar, especialmente para toda Latinoamérica. “España comparte una lengua y una cultura con 400 millones de habitantes en el planeta y se trata, además, de naciones hermanas en vías de desarrollo y a las que podemos ayudar en el ámbito metrológico. Pretendemos coordinar la red internacional y contamos para ello con el apoyo del CIO (Centro de Investigaciones Ópticas de Guanajuato, México) que se ocupa de coordinar el área americana, mientras que nosotros tendríamos una mayor proyección en el resto del mundo, especialmente en Europa y África. Nuestro grupo ha tenido ya muchos proyectos europeos, fundamentalmente en el ámbito de la metrología aplicada hacia medidas de precisión fina, de estudio de deformaciones o de control de defectos en hilos metálicos”, explica el investigador. Este último aspecto resulta muy interesante porque se puede aplicar a la fabricación de multitud de productos. Se trata de un producto trascendente desde el punto de vista industrial porque forma parte de los componentes para la fabricación de materiales de microelectrónica, de los airbag o de los paracaídas de alto peso como los que se utilizan para los cañones y los tanques.

Los hilos tienen que estar fabricados bien con una rugosidad controlada, bien sin rugosidad dependiendo de las aplicaciones que van a tener. “Si esos hilos de acero van a formar parte del mallado de una rueda radial del neumático de un automóvil

necesitan tener una cierta rugosidad controlada. Teniendo en cuenta que esos hilos tienen entre 10 y 100 micras de diámetro, los errores superficiales o la rugosidad superficial son inferiores a la micra. Es necesario que exista un dispositivo que pueda medir esos errores on-line, durante el proceso de fabricación, cuando salen de la tubera a una velocidad de 20 metros por segundo. Si vamos a fabricar un catéter de acero o de oro para utilizarlo en una operación de corazón para desatascar una aorta, no puede tener ninguna rugosidad porque si la tuviese rasgaría o podría hacer daños en la estructura del conducto por el que va, por lo que se tienen que controlar su rugosidad. Se puede controlar en laboratorio para pequeñas dimensiones, pero cuando estoy fabricando un producto que es masivo, ese control tiene que ser en producción industrial, y nosotros lo que desarrollamos con este proyecto fue un sistema de medida automática para control de hilos finos a esa velocidad. También realizamos un trabajo preliminar de control de los defectos, que fue el primer catálogo del mundo de hilos finos por el que obtuvimos un premio de la Sociedad Internacional de hilos”, afirma Eusebio Bernabeu. Fueron dos proyectos europeos concatenados, que tuvieron una duración total de siete años: tres para el catálogo y cuatro para el dispositivo de medida.

Los proyectos más importantes en los que están trabajando en la actualidad son el Archisens de la Comunidad de Madrid, el proyecto de la Nano-regla y un proyecto EUREKA en el ámbito de la iluminación aeroportuaria con balizas de LED. Además, en una fase aún incipiente existe un proyecto en el ámbito de la iluminación natural, que se pretende que sea también un proyecto EUREKA y que estaría liderado por el grupo LLEDO de iluminación.

Por último este equipo ha trabajado también en señalética, es decir, todo lo relativo a paneles de señalización informativa, bien sea paneles de señalización variable para tráfico, aeropuertos, etc. o lo que podríamos llamar rótulos corporativos como los rótulos luminosos. En este caso también trabajaron en colaboración con la empresa Rótulos Ayllón, empresa líder en el ámbito de la rotulación y la señalética. “Trabajamos mucho en colaboración con empresas porque creemos que el futuro de la investigación va por ese camino”, afirma el catedrático Eusebio Bernabeu.

Proyectos de investigación

Eusebio Bernabeu Martínez ha participado en diversos proyectos nacionales e internacionales. Entre ellos podemos destacar los siguientes realizados durante los últimos seis años:

- SOFIE: Spectroscopy using optical fibers in the marine environment.
- DEFICYL: Detection of Surface Defects on Cylindrical Objects.
- Dispositivos ópticos para metrología dimensional absoluta de alta resolución.
- Materiales orgánicos hidrogeles para aplicaciones ópticas.
- Baliza luminosa para guiado de tráfico vial con tecnología.
- INDUCE - Avanced integrated NTD concepts for unified life-cycle.
- MISPEC -Multiparametric in-situ espectroscopie measuring platform for coastal monitoring.
- Fabricación de elementos difractivos para su utilización en codificadores ópticos de alta resolución.

FICHA TÉCNICA

Centro: Departamento de Óptica. Facultad de Ciencias Físicas. UCM.

Investigador: Eusebio Bernabeu Martínez.

Dirección: Ciudad Universitaria, s/n.
28040 Madrid (Spain)

Teléfono: 91 394 45 53 / 55

Fax: 91 394 46 74

Email: ebernabeu@fis.ucm.es

Página web: www.ucm.es/info/aocg

Líneas de investigación: Sistemas y dispositivos de metrología óptica aplicada.
Codificación óptica.