

D E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación

"La existencia de qbits abre un abanico de posibilidades en el dominio de la información totalmente desconocidas hasta la fecha"

Enrique Calleja Pardo es Catedrático en la E.T.S. I. Telecomunicación (U.P.M.)

El trabajo de este investigador gira en torno al área de los materiales semiconductores (Nitruros del grupo III), su crecimiento, caracterización y aplicación a diversos dispositivos, tanto electrónicos como optoelectrónicos.

Cristina de Pedro Martín



Enrique Calleja Pardo

En su campo de trabajo se establecen los principios físicos que gobiernan las propiedades de los materiales y se fabrican dispositivos demostradores con muy diversas aplicaciones, como por ejemplo, detectores en el rango ultravioleta e infrarrojo para medio ambiente (contaminantes), emisores LED y láser para almacenamiento óptico de información (DVD's), generación eficiente de luz blanca con LEDs (sustitución de los tubos fluorescentes), transistores de nueva generación para telefonía móvil, detectores químicos y marcadores biológicos e información y codificación cuántica (inmunidad a interferencias y espionaje). "Me gusta mi trabajo por vocación, por descubrir, aunque sea mínimamente, lo que la naturaleza oculta. Me gusta por lo innovador, por la expectativa de conocer y entender nuevas propiedades e idear aplicaciones. Me gusta por ser un trabajo enormemente creativo, aunque sea duro, pero no reiterativo o rutinario", asegura este científico.

Enrique Calleja es el investigador principal de varios proyectos de financiación pública relacionados con la Información Cuántica, que él mismo destaca por "lo novedoso, arriesgado y ambicioso del tema". Pero, ¿qué es la información cuántica? El propio científico nos lo cuenta: "La teoría de la información Cuántica analiza qué posibilidades ofrecen las leyes de la mecánica cuántica al procesamiento y a la transmisión de información, previendo aplicaciones espectaculares (como la criptografía cuántica o la teleportación cuántica) que desafían la comprensión clásica de la realidad". Calleja recuerda a Madrid +d que fueron los trabajos de Shannon los que establecieron las bases de la teoría de la información en 1949. Sin embargo, no se pensó en la posible aplicación de las leyes cuánticas al procesamiento de la información hasta principios de los años ochenta.

El profesor continúa su explicación al detallarnos que la unidad estructural de la información clásica es el bit (binary digit), que representa una elección entre dos posibilidades a las que se asigna el valor uno o cero. La Información Cuántica se basa en una nueva unidad denominada qbit (quantum bit), que representa una superposición de los bits 0 y 1 que se realiza en un mundo estrictamente cuántico, ya que clásicamente tal superposición se reduce necesariamente a uno de sus componentes 0 o 1, con probabilidades respectivas que dependen del estado cuántico en cuestión. "La existencia de qbits, junto al hecho de que dos o más de éstos puedan combinarse en los llamados estados "entrelazados" (entangled), abre un abanico de posibilidades en el dominio de la información totalmente desconocidas hasta la fecha. Los fotones o partículas de luz se pueden emplear como qbits y transmitir a largas distancias sin errores y son el sistema ideal para comunicaciones cuánticas. Uno de los pilares para operar qbits sería un diodo emisor de luz, que permite ser manipulado con tanta precisión que puede emitir un sólo fotón de luz cada vez que se enciende (single photon emitter)", asegura.

En este sentido, uno de los proyectos en los que está envuelto el profesor se conoce como "Tecnologías de Información Basadas en Óptica Cuántica". Este trabajo se dedica al desarrollo de métodos y dispositivos para la futura tecnología de información basada en sistemas de óptica cuántica. "Combina la investigación experimental con la teórica. La parte experimental abarca sistemas cuánticos fotónicos, atómicos, y de estado sólido, y cubre así los enfoques actuales más importantes al procesamiento de información cuántica. Estos sistemas serán utilizados para investigar e implementar prototipos de componentes para la transmisión, el almacenamiento y el procesamiento de información cuántica", nos explica. El objetivo general del proyecto es avanzar en la información cuántica, el almacenamiento de información cuántica, la criptografía cuántica, la computación cuántica y el tratamiento cuántico de imágenes. Calleja quiso destacar un punto fuerte particular del proyecto, la integración de la óptica cuántica con la tecnología fotónica de vanguardia, tales como los dispositivos semiconductores micro y nanoestructurados, los cristales fotónicos y la tecnología de comunicación por fibra óptica.

El profesor Calleja está sumergido en otros tres proyectos relacionados con la nanotecnología. Los dos primeros responden a los nombres de "Nanoestructuras de semiconductores como componentes para la información cuántica (NANOCOMIC)" y "Nanoestructuras de Semiconductores como Componentes para la Información Cuántica (NANIC)". En ambos trabajos los objetivos persiguen embeber nanoestructuras de semiconductores III-V, bien en cavidades ópticas columnares, bien en cristales fotónicos, construidos, a su vez, mediante microestructuras de semiconductores III-V. En dispositivos Emisores de un Solo Fotón (SPE) o láser de Punto Cuántico (QDL) la nanoestructura será un Punto Cuántico (QD), mientras que en láseres de polaritones (LPs) será un Pozo Cuántico (QW). "La generación de conocimiento científico-técnico y el desarrollo de herramientas de procesamiento tecnológico, en un área estratégica a escala mundial, representan hitos fundamentales para la comunidad científica española. La oportunidad de la propuesta en el contexto del área seleccionada, considerando su trascendencia y la enorme velocidad y expansión de esta temática, es inmejorable", asegura el profesor. "Los objetivos se relacionan directamente con la Optoelectrónica y la Fotónica, estando ligados al desarrollo de sistemas de información y criptografía cuánticas, a la obtención de materiales semiconductores y heteroestructuras nanométricas que implementen tales sistemas y al desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas de procesamiento de dispositivos a escala nanométrica", nos cuenta.

El objetivo del último proyecto que el profesor quiso destacar, "Fabricación de substratos nanoestructurados de SiO₂ para crecimiento epitaxial de emisores eficientes de Luz Blanca con Nitruros del Grupo-III", es establecer, por primera vez en España, la capacidad de fabricar dispositivos emisores (LED) de luz blanca de alta eficiencia, de concepción sencilla y bajo coste, susceptibles de ser fabricados de forma masiva. "La principal característica de estos dispositivos es la de estar constituidos por matrices de nanoLEDs, cada uno, individualmente, con la mayor eficiencia, calidad, fiabilidad y durabilidad. El componente esencial en el desarrollo del proyecto está ligado directamente con la Nanociencia y la Nanotecnología. El proyecto es de alto riesgo y de un potencial gran impacto y supone llevar hasta el mercado tecnologías avanzadas del mundo", confiesa Calleja. Este proyecto está terminado y abre una fase nueva para la explotación de resultados en proyectos subsiguientes. Como resultados, cabe destacar la fabricación de máscaras de nanoagujeros mediante la técnica de *e-beam lithography*, en las cuales han crecido estructuras nanocolumnares de Nitruros del grupo-III mediante técnicas MBE. Este proceso ha revelado la posibilidad de determinar la disposición geométrica de tales nanoestructuras, con el fin de fabricar matrices de nanodispositivos emisores de luz. Asimismo, se ha fabricado un LED con matriz de nanocolumnas emitiendo con alta eficiencia.

Y la pregunta era obligada: ¿el futuro tecnológico es "nano"? Y la respuesta contundente: "Ciertamente sí". Y no solo en el campo de los materiales semiconductores, bien en nuevos "chips" con dispositivos integrados a escala nanométrica, o en nuevas generaciones de dispositivos cuyo comportamiento está claramente determinado por las leyes cuánticas de la materia. "En el campo nano aparece en nuevos materiales, como el grafeno, que da lugar a nanoestructuras como los fullerenos y los nanotubos de carbono, con aplicaciones mecánicas, médicas y biológicas, entre otras", nos adelanta.

Le preguntamos a Calleja si cree que la investigación en su campo es suficiente y él mismo reconoce que la financiación se ha incrementado significativamente para la investigación tanto básica como aplicada en los últimos 10 años. "Sin embargo, además de mejoras en este sentido, es necesario mantener una financiación prolongada durante años en determinadas áreas para conseguir resultados relevantes. Es decir: hay que apostar fuerte. Estos esquemas de financiación, que comienzan a darse tímidamente en España, con programas a 4 y 5 años, son comunes desde hace décadas en Institutos de Investigación en Europa, USA y Japón", reclama el profesor. "En mi área específica (y no solo) debe tenerse en cuenta que los resultados no se dan a corto plazo, ni sus aplicaciones industriales son inmediatas, lo que a veces hace difícil persistir y continuar en ella y no "sucumbir" a las modas. No debe olvidarse que en cualquier país desarrollado, la base y caldo de cultivo de desarrollos industriales con éxito provienen de una muy madura cultura de la investigación básica y aplicada mantenida durante décadas. No menos importante es reconocer que hoy en día, la investigación de relevancia, como la basada en nanotecnología, requiere costosos equipos y su mantenimiento".

"Me gusta mi trabajo por vocación, por descubrir, aunque sea mínimamente, lo que la naturaleza oculta"

"La generación de conocimiento científico-técnico y el desarrollo de herramientas de procesamiento tecnológico, en un área estratégica a escala mundial, representan hitos fundamentales para la comunidad científica española"

D E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación

CENTRO

Universidad Politécnica de Madrid

Líneas de Investigación

Crecimiento de materiales por Epitaxia de Haces Moleculares (MBE); Nanotecnología; LEDs de cavidad resonante en el verde; Micro y nanocavidades; Nanotransistores.

Personal

Investigador: Enrique Calleja Pardo

Datos de Contacto:

Dirección: Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Ingeniería Electrónica
Ciudad Universitaria s/n
28040 Madrid

Teléfono: 91 3367315
91 3367323

e-mail: calleja@die.upm.es