

Grupo SEMICUAM, UAM.

## Experiencia e innovación al servicio de la física cuántica

El grupo SEMICUAM tiene más de 20 años de experiencia y 50 proyectos relacionados con el estudio de las propiedades ópticas y electrónicas de semiconductores



Luis Viña

Entender los espectros y las propiedades ópticas a través de la interacción de la luz con los materiales, es decir la Espectroscopia Óptica, es una de las herramientas más útiles, y no destructiva, para obtener información sobre las propiedades electrónicas de los semiconductores.. El Grupo de Semiconductores de la UAM (SEMICUAM) se ha dedicado durante más de 20 años al estudio básico de las propiedades optoelectrónicas de los semiconductores, utilizando técnicas experimentales pioneras en España. Luis Viña es responsable de la línea de Espectroscopia Ultrarrápida o Resuelta en el Tiempo, uno de los pilares experimentales de este grupo, cuyas investigaciones prometen nuevos descubrimientos en el campo de la física cuántica.

### Sabrina Bagarella

El grupo de semiconductores de la Universidad Autónoma de Madrid (SEMICUAM) se ocupa del estudio de las propiedades fundamentales (investigación básica) de semiconductores, esenciales para el diseño y desarrollo de dispositivos optoelectrónicos, desde hace más de 20 años. El equipo está dirigido por Carlos Tejedor, responsable del pilar teórico, José Manuel Calleja y Luis Viña, quienes lideran los estudios experimentales. “El pilar experimental de nuestro grupo lo constituye la espectroscopia óptica, lo que implica entender los espectros y las propiedades ópticas a través de la interacción de la luz con los semiconductores. Esto, a su vez, da información directa sobre las propiedades electrónicas, que determinan las características y funcionalidades de los dispositivos optoelectrónicos más avanzados”, explica Viña.

Una de las principales actividades del grupo experimental se basa en la espectroscopia bajo excitación con fuentes de luz continuas, de este modo se estudia la fotoluminiscencia, la absorción y la dispersión inelástica (efecto Raman) de la luz de los materiales semiconductores. El interés principal del grupo dirigido por Luis Viña se apoya en la espectroscopia ultrarrápida o “resuelta en el tiempo”. En este caso se ilumina el semiconductor con pulsos de luz extremadamente cortos (del orden de picosegundos – 0.000000000001 segundos –). “Al iluminar un semiconductor con luz del color (longitud de onda) adecuado se crean electrones de carga negativa y huecos de carga positiva. Estos se denominan portadores, y son los responsables del funcionamiento de los dispositivos: tanto del transporte (transistores), como de la conversión de luz en corriente eléctrica (fotodetectores) o de la corriente en luz (fotodiodos, láseres). “Los pulsos de luz aplicados a los semiconductores permiten estudiar cómo se relajan y cómo se recombinan los portadores, la evolución temporal de huecos y electrones”, explica el profesor.

Los semiconductores en sí mismos “conducen mal”, pero sus propiedades eléctricas se pueden modificar para hacerlos funcionar de la manera deseada, y esta es su gran ventaja. “Los semiconductores se pueden dopar, es decir, se pueden introducir

portadores de manera controlada. Además, con técnicas epitaxiales y de litografía avanzadas se pueden crear nuevas estructuras, que no existen en la naturaleza, cuyas propiedades electrónicas se pueden modular a voluntad”, señala Viña, a la vez que aclara que su equipo no crea nuevos materiales, sino que los estudia o bien ayuda a diseñarlos.

El grupo realiza sus investigaciones en heteroestructuras de semiconductores creadas por capas nanométricas de distintos semiconductores, con diferentes “gaps” de energía, y a partir de ellas estudia las propiedades ópticas y electrónicas de pozos, hilos y puntos cuánticos. “Entre nuestros intereses más recientes se encuentra la modificación de las interacciones entre las propiedades electrónicas y la radiación, los fotones”. Para ello emplean microcavidades cuánticas de semiconductores, donde tanto los portadores, o las cuasi-partículas que se crean a partir de ellos, los excitones, como los fotones están confinados. El acoplamiento fuerte entre estos excitones, confinados en pozos cuánticos, y los modos electromagnéticos, confinados en las cavidades, da lugar a unas nuevas cuasi-partículas cuánticas, llamadas polaritones, que tienen carácter de fotones y de excitones simultáneamente.

### **Novedades y Expectativas**

La existencia de estos polaritones y sus relaciones de dispersión (dicho de un modo profano, la relación entre la energía y la velocidad de una partícula) novedosas y únicas son importantes para lograr nuevos dispositivos. Entre ellos se encuentra un láser que operaría sin necesidad de lograr inversión de población, lo que significaría utilizar menor cantidad de energía para su funcionamiento y resultaría económicamente más rentable. Este tipo de láser se conoce como láser de polaritones. Las últimas tendencias en este campo se dirigen a obtener un dispositivo de este tipo basado en semiconductores de tipo III-V (III y V se refieren a columnas de la tabla periódica) que contienen Nitrógeno en su composición. Con estos materiales se espera mantener el acoplamiento fuerte, que da lugar a los polaritones, hasta temperatura ambiente, requisito necesario para hacer un dispositivo útil para aplicaciones consuetudinarias. Además presentarían la ventaja adicional de trabajar en la zona azul del espectro, es decir que “serían muy útiles para aumentar la capacidad de almacenar información”.

Viña comenta que entre sus expectativas está la observación de un estado condensado del tipo Bose-Einstein en un sistema de estado sólido. En este condensado, “el colectivo de partículas reacciona de la misma manera a perturbaciones externas, al unísono, creando un estado completamente nuevo”. En Física Atómica los condensados de Bose-Einstein son estudiados en un numeroso grupo de laboratorios, y su obtención ha merecido el Premio Nobel de Física en el año 2001 otorgado a Cornell, Ketterle y Wieman.

En este campo, el condensado puede ser descrito como el estado donde los átomos tienen la menor energía posible y el mayor orden. Los átomos se enfrían a temperaturas extremas, hasta el punto que se aglutinan en una masa densa (melaza óptica), que hace comportar a las partículas como un solo átomo único, que forma una identidad de grupo y actúan sincrónica y armónicamente con gran orden. Una de las grandes novedades de los condensados de polaritones es que se

podrían obtener a temperaturas no tan extremadamente bajas, y que se formarían en un semiconductor que es fácilmente integrable con toda la avanzada tecnología existente en este campo.

Otra línea que ocupa al grupo de investigación SEMICUAM es la de estudiar puntos cuánticos en microcavidades para emitir o detectar fotones individuales o parejas de fotones “enredados”, lo cual tiene su aplicación en la criptografía cuántica. “La criptografía cuántica, que generalmente se asocia con la computación cuántica, puede tener aplicaciones en un plazo muy cercano”, dice Viña. Esta criptografía garantiza absoluta confidencialidad de la información transmitida por medio de luz, almacenando la información en el elemento constituyente de la luz, el fotón, y utilizando una de sus propiedades intrínsecas, su polarización. El manejo de las dimensiones más reducidas y la creación de estos fotones con características especiales permiten al grupo SEMICUAM estudiar las condiciones óptimas para hacer *qbits*, la unidad básica del lenguaje en el que “hablarán” los ordenadores del futuro.

### **20 años de experiencia**

“Nuestra fortaleza es la de amalgamar teoría y experimentos con una fuerte interacción entre los distintos equipos de SEMICUAM”, señala Viña, quien lleva 20 años trabajando con sus colegas utilizando técnicas experimentales pioneras en España. “Hemos sido los primeros en España en estudiar heteroestructuras semiconductoras y en utilizar técnicas de espectroscopia ultrarrápida. Hemos realizado unos 50 proyectos de investigación, 15 de los cuales han contado con financiación europea”.

“Nosotros comenzamos a trabajar en nanoestructuras cuando el término no despertaba el interés que genera en la actualidad”, explica el investigador. Viña y sus colegas son miembros distinguidos (fellows) de la American Physical Society, los cuales no superan la decena de miembros en España.

El impacto social de la actividad del grupo se hace patente a través de publicaciones científicas, revistas, páginas web, congresos y sobre todo en la formación de profesionales tanto a nivel nacional como a través de su participación en redes de excelencia europeas. “Sin embargo, nos limita la falta de personal, sobre todo de personal técnico, y de tiempo para estar más presentes en la sociedad” comenta Viña. El profesor considera que también es muy difícil mantener el nivel de competitividad internacional teniendo que enfrentarse con importantes limitaciones materiales. “Es necesario mantener y reponer los equipos, aparte de adquirir nuevos instrumentos. Es importante que la financiación se haga con criterios de calidad, y que exista una financiación mínima, garantizada y continuada, cuando se ha demostrado durante decenas de años que se realiza investigación de calidad”.

## 2005: Año mundial de la Física

Con el propósito de fomentar la educación de la Física y desarrollar el interés por esta disciplina científica, la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (International Union of Pure and Applied Physics, IUPAP), de la que Luis Viña es secretario de su Comisión de Semiconductores, propuso a la UNESCO la conmemoración durante el año 2005 del año mundial de la Física.

El 2005 ha sido elegido por la conmemoración de los descubrimientos realizados por Albert Einstein hace exactamente cien años.

En el marco de esta celebración, Luis Viña destaca que “no se reconoce la importancia a nivel social” de esta ciencia, básica para la comprensión del mundo y la naturaleza, así como responsable de los grandes avances tecnológicos y de la sociedad de la información en el último siglo y en el presente. “Las autoridades, los investigadores y los educadores tenemos que hacer un esfuerzo conjunto para transmitir a la sociedad que no se puede avanzar sin ciencia. Nunca tendremos una sociedad avanzada hasta que no entendamos que la Ciencia es Cultura”

“Existe una cierta tendencia a pensar que ya hemos llegado a un nivel de desarrollo científico muy avanzado, y que lo que hay que hacer es expresar la ciencia actual. Hay que difundir la idea de que aún queda mucho por descubrir y que por eso es muy importante seguir investigando”, comenta el investigador.

### FICHA TÉCNICA

**Grupo:** SEMICUAM

**Investigador:** Luis Viña

**Dirección:** Departamento de Física de Materiales, C-IV,

Universidad Autónoma de Madrid

Campus de Cantoblanco

E-28049 Madrid.

**Teléfono:** 914974782

**Fax:** 914978579

**Email:** [luis.vina@uam.es](mailto:luis.vina@uam.es)

**Página web:** <http://www.uam.es/Ultrafast>

**Líneas de investigación:** Espectroscopia óptica, Física de semiconductores