

Estructura electrónica y física de superficies

Pilar Segovia, doctora en físicas, pertenece a un grupo de investigación en la Universidad Autónoma de Madrid, dedicado a estudiar la estructura electrónica de materiales de baja dimensionalidad en el marco de la física de superficies.



Pilar Segovia con parte del equipo

La investigación de la doctora es física fundamental y se centra en el estudio de la estructura electrónica de materiales artificiales e interfases en superficies, para lo que se utilizan técnicas de fotoemisión resuelta en ángulo, así como técnicas de difracción de rayos X o de caracterización de superficies típicas en un sistema de Ultra Alto Vacío. El objetivo de esta investigación a muy largo plazo sería la posibilidad de construir dispositivos nanométricos de forma masiva.

Isabel Gayol Menéndez

Pilar Segovia es doctora en Ciencias Físicas y su investigación se ha centrado siempre en la estructura electrónica de materiales de baja dimensionalidad. En la actualidad acaba de terminar un proyecto financiado por la Comunidad de Madrid, del que era investigador principal, dentro del grupo de investigación de la Universidad Autónoma de Madrid “Estructura electrónica y atómica de superficies e intercaras” al que pertenece y al que se ha incorporado como PCD (profesor contratado doctor), tras haber disfrutado de un contrato Ramón y Cajal durante cuatro años.



Pilar Segovia realizó su tesis en el mismo departamento en el que trabaja en la actualidad, bajo la supervisión del catedrático E. G. Michel y mediante numerosas estancias en laboratorios extranjeros, que disponían de instalaciones de radiación sincrotrón, para realizar la mayoría de los experimentos. “Trabajamos en física de superficies. Hice la tesis aquí aunque gran parte de las medidas se realizaban en estaciones de sincrotrón, a base de estancias breves y colaboraciones con laboratorios extranjeros, donde estudiaba estructura electrónica tendiendo a la baja dimensionalidad. Más tarde me trasladé a Suiza durante tres años para trabajar en un laboratorio de fotoemisión de alta resolución a muy bajas temperaturas”, explica la doctora.

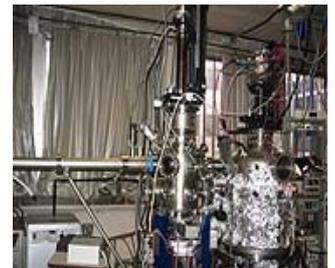
En su estancia en Suiza, Pilar Segovia pudo estudiar fenómenos más específicos de la fotoemisión, ya que tenían la capacidad de bajar la temperatura a 12 K. y por lo tanto eran sistemas menos convencionales, cuyos estudios se enfocaban en las excitaciones energéticas de baja energía a nivel de Fermi. “Allí adquirí experiencia sobre las propiedades electrónicas de las cadenas metálicas unidimensionales que luego me ha sido muy útil y que encuadra muy

bien con los proyectos generales de mi grupo de investigación en la Autónoma”, matiza Pilar Segovia.

El grupo en el que Pilar Segovia realiza sus investigaciones está dirigido por el catedrático Enrique García Michel y actualmente está compuesto por seis personas: dos becarios FPI a punto de leer la tesis, un contrato Juan de la Cierva y un estudiante, además del catedrático y la propia doctora.

Dentro de la física de superficies, el grupo trabaja en nanociencia o nanotecnología, de la que se oye hablar mucho en la actualidad ya que se trata del futuro al que se encamina la investigación. Pilar Segovia y su equipo estudian superficies de monocristales, es decir, cristales que están orientados, para hacer el modelado de estructuras de baja dimensionalidad sobre dicha superficie. Lo que ocurre es que para poder realizar este tipo de trabajo se necesita una atmósfera de Ultra Alto Vacío, o sea, presiones muy bajas y estos equipos son muy costosos y delicados de mantener, por lo que la mayor parte del tiempo, el trabajo se desarrolla en la parte instrumental.

Las diferentes líneas de investigación que Pilar Segovia ha estudiado a lo largo de su trayectoria científica desde que realizó la tesis hasta ahora se podrían resumir como el estudio de la estructura electrónica de materiales artificiales e interfases en superficies, en los que, debido a su complejidad, dejan de ser válidas las teorías de un electrón utilizadas en el cálculo de estructura de bandas convencional. La técnica base que se emplea para la resolución de la estructura electrónica es la Fotoemisión resuelta en ángulo, lo que permite la obtención de todos los números cuánticos y además representa la visualización de la función espectral del sistema. También utilizan técnicas estructurales como la difracción de rayos X para poder dilucidar la estructura geométrica de algunas reconstrucciones superficiales empleadas, así como técnicas de caracterización de las superficies típicas en un sistema de Ultra Alto Vacío (UHV) como la difracción de electrones de baja energía (LEED) o la espectroscopia de electrones Auger.



Se denomina baja dimensionalidad a cadenas atómicas, estructuras bidimensionales que resultan transiciones de fase, es decir, básicamente lo que ocurre es que en la superficie de un monocristal, sólo por el hecho de no tener átomos por encima, los enlaces ya se reconstruyen de una forma distinta. Son reconstrucciones exclusivas de la superficie. Una vez que se consigue una superficie limpia, a atmósferas de bajas presiones, puedes evaporar o calentar diferentes elementos encima para obtener reconstrucciones especiales. Se trataría de modelado a nivel atómico de cadenas o estructuras específicas de la superficie. Es ahí donde se estudia la estructura electrónica. “Es difícil de explicar porque en vez de movernos en el espacio real, donde se aprecia la representación de los átomos, lo hacemos en el espacio recíproco. Cuando aplicamos nuestra técnica

para hacer estructura electrónica nos movemos por un espacio transformado del espacio real, en concreto mediante una transformada de Fourier. Por eso nuestro lenguaje es más difícil de comprender, es más abstracto, pero es lo mismo en cierta forma. Lo único que lo diferencia es que necesitamos cierto orden en las estructuras a largo alcance, porque de lo contrario esta técnica no funciona. Se trata de la técnica opuesta al STM, donde puedes observar la reacción de un efecto en un entorno muy pequeño y luego extrapolarlo al resto de la superficie para obtener resultados ya que el espacio real a explorar está muy localizado. Sin embargo, nosotros o está toda la superficie bien ordenada a largo alcance o no vemos nada. No es que sea un estudio más complicado, simplemente es distinto”, afirma la investigadora.

“Ahora ya disponemos en el laboratorio de un sistema para medir con manipuladores que se mueven porque para estudiar lo que ocurre en el espacio recíproco necesitamos que la muestra se pueda mover en todas las direcciones, así como el analizador. Esto es necesario para poder seleccionar diferentes ángulos. La diferencia entre el sincrotrón y nuestra técnica es que en nuestro caso existe una energía de fotón fija, mientras que con el sincrotrón la puedes variar y conseguir una energía muy concreta”.

En el proyecto en el que Pilar Segovia era investigador principal se estudiaban las estructuras moleculares o atómicas en superficies escalonadas, es decir, las nanoestructuras en superficies escalonadas, que fue en lo que se especializó durante su estancia en Suiza. Se trata de conseguir nanoestructuras y cadenas en una superficie escalonada. Se realiza un corte en el cristal para obtener escalones y favorecer así una única dirección y conseguir, por lo tanto, que sea unidimensional, y esto es lo que Pilar Segovia realizó en el proyecto de la CAM, pero con moléculas.

El otro proyecto en el que la doctora participa y del que el investigador principal es E.G. Michel se basa también en realizar nanoestructuras en superficies escalonadas. Se trata de investigación fundamental que es la opuesta a la aplicada, por lo que la aplicación práctica de estos estudios queda todavía muy lejana, aunque en lo que se supone que esta investigación desembocaría en un futuro, sería en el control de dispositivos a nivel nanométrico o la posibilidad de construir dispositivos nanométricos de una forma masiva. “Por ejemplo, los últimos que hemos realizado han sido con moléculas de pentaceno, donde hemos visto como influía la estructura electrónica del sustrato, más que la de la molécula en sí. También hemos realizado estudios de carbono 60 sobre oro escalonado, en los que se observa como se forma una nanomalla, etc.”, afirma la doctora Pilar Segovia.

Otra cuestión que estudia el equipo de investigación de Segovia es el tema de la interdisciplinariedad, el usar moléculas para dispositivos

de tipo biológico o médico, como catalizadores por ejemplo, aunque se trata aún de una investigación muy a largo plazo. “Es difícil porque la investigación que hacemos nosotros es muy fundamental. Es necesaria porque si no empiezas por esta parte no llegas tampoco a la investigación aplicada, pero en esta primera fase se reproducen unas condiciones muy ideales que luego en la vida real no existen”, puntualiza Pilar Segovia.

Proyectos realizados

Pilar Segovia ha realizado diversos proyectos a lo largo de su trayectoria científica:

TRABAJO TESIS:

Realizada en la UAM bajo la supervisión de E. G. Michel:

- Superficies metálicas escalonadas: confinamiento de los estados electrónicos relativos a la superficie plana.
- Estados de pozo cuántico. Se evidencia la relación entre los diferentes períodos de oscilación y la forma de la superficie de Fermi.
- Transiciones metal/semiconductor y formación de cadenas en un sistema aislante Mott-Hubbard.
- Compuestos de tierras raras/metales de transición en los que se estudia la naturaleza de los electrones f mediante la visualización de efectos de deslocalización de los electrones f en presencia de electrones d .

POSTDOCTORAL

Tres años de contrato en el Instituto de Física de la Universidad de Neuchatel en Suiza en el grupo del profesor Yves Baer:

Fotoemisión angular de alta resolución enfocada a la resolución de la estructura electrónica a nivel de Fermi de sistemas con comportamientos exóticos como la interacción electrón-fonon y metales unidimensionales manufacturados en superficies monocristalinas escalonadas y semiconductoras. Estudio de las excitaciones de baja energía que requiere una alta resolución a nivel de Fermi, para lo que es necesario poder bajar la temperatura. En este sistema de alta resolución era posible bajar hasta 12 K la temperatura de la muestra.

ACTUAL

Grupo de “Estructura electrónica y atómica de superficies e intercaras” del catedrático E. G. Michel.

Participación en varios proyectos dedicados desde diferentes tipos de sistemas al estudio de los fenómenos colectivos y de confinamiento cuántico en sistemas de baja dimensionalidad.

Estructura electrónica de sistemas moleculares autoorganizados en superficies:

Estructura electrónica de nanoestructuras crecidas por autoorganización en superficies escalonadas.

Sistemas bimetalicos de superficie con transiciones de fase dirigidas por una onda de densidad de carga (CDW).

Confinamiento electrónico vertical: visualización de los estados de pozo cuántico y relación con la reactividad del sistema.

La comprensión de estas complejas propiedades exige estudiar los estados electrónicos más próximos al nivel de Fermi, y caracterizar la naturaleza de los electrones que allí se encuentran (densidad espectral, carácter localizado o no, efectos de correlación) mediante fotoemisión ultravioleta resuelta en ángulo. Asimismo es indispensable contar con una caracterización detallada de las propiedades estructurales, que debe realizarse simultáneamente a la determinación de las propiedades electrónicas, ya que estas dependen de forma crítica de la estructura y periodicidad del material.

FICHA TÉCNICA

Centro: Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid

Investigador: Pilar Segovia Cabrero

Dirección: Campus de Cantoblanco. Cra. de Colmenar Viejo, Km.15
28049 Madrid (Spain)

Teléfono: 91 497 55 50

Fax: 91 397 39 61

Email: pilar.segovia@uam.es

Líneas de investigación:

Estudio de la estructura electrónica de nanoestructuras cuasiunidimensionales en sistemas atómicos y moleculares autoorganizados en superficies planas y escalonadas. Estudio de la estructura electrónica y atómica de sistemas bimetálicos de baja dimensionalidad en superficies: transiciones de fase, formación de ondas de densidad de carga, efectos de correlación electrónica, etc.