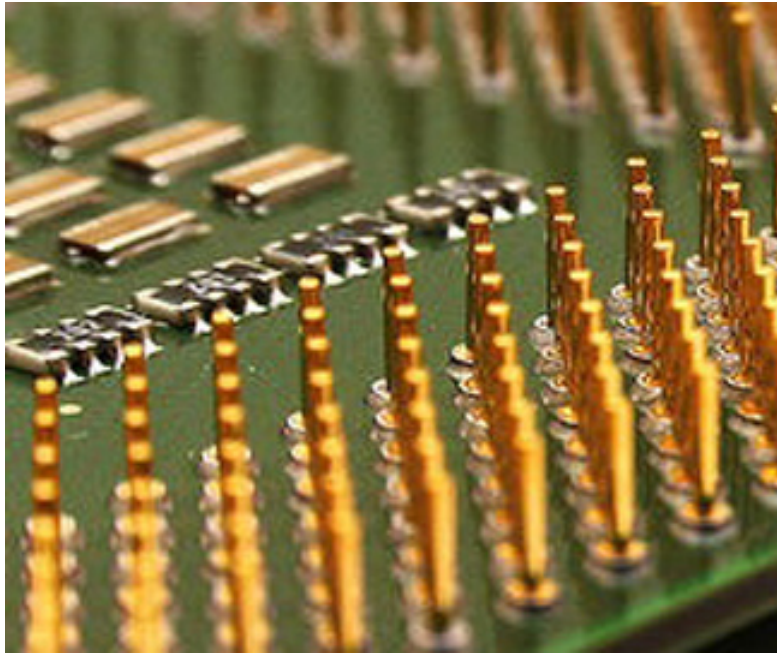


09/2008

Dispositivos termoelectricos más eficientes



Una investigación conjunta del Grupo de Nanomateriales y Microsistemas y del Grupo de Física Estadística del Departamento de Física, así como del Laboratorio de Molecular Beam Epitaxy del ICMA-BCSIC ha conseguido desarrollar un material basado en nanoestructuras de germanio que presenta una fuerte reducción de la conductividad térmica y, por lo tanto, se presenta como un candidato potencial para desarrollar sistemas termoelectricos compatibles con el silicio.

El diseño y la fabricación de circuitos a escala nanoscópica en dispositivos integrados se ha convertido en los últimos años en una de las fronteras de la ciencia y de la tecnología de nuevos materiales. La gran reducción que se ha conseguido en estos dispositivos ha ido a menudo acompañada de nuevos descubrimientos en lo que respecta al comportamiento que tienen precisamente cuando las dimensiones del sistema son muy reducidas. La comprensión de esta

nueva física a escala nanoscópica ha desembocado al mismo tiempo en la posibilidad de diseñar nuevos materiales con características nunca antes obtenidas.

Una de estas propiedades, muy importante en cuanto al diseño de chips, es la conductividad térmica que tienen los dispositivos que integran un chip, es decir, la capacidad para disipar o retener energía. Esta propiedad es clave para el control del calentamiento de los circuitos muy miniaturizados, y constituye uno de los límites físicos actuales a la potencia de computación. Al combinar calor y electricidad surgen efectos termoelectricos que permitirían enfriar los circuitos y aumentar la potencia de computación. Pero hasta ahora no se ha conseguido ningún material con las propiedades adecuadas para ser eficiente en su comportamiento termoelectrico, y es por ello que la obtención de materiales en la escala nanométrica puede ofrecer una vía para la mejora de las propiedades termoelectricas, ya que en estos materiales se puede conseguir una reducción importante de la conducción térmica a la vez que se mantiene una conductividad eléctrica suficientemente elevada, aspecto clave para obtener una eficiencia termoelectrica elevada.

Figura 1. Representación esquemática de las muestras que contienen estructuras de nanocristales ordenadas y desordenadas. Los materiales representados son silicio (azul), germanio (naranja) y carbono (negro).

En este trabajo, los investigadores del Departamento de Física de la UAB y del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC) han colaborado para desarrollar un nuevo material basado en superredes formadas a partir de la alternancia de dos capas, una de silicio (Si) y una de nanocristales de germanio (Ge), que actúan como puntos cuánticos (quantum dots). La mejora propuesta en este trabajo respecto a los anteriores es el desordenamiento de estos puntos entre capas consecutivas, es decir, que los puntos cuánticos en una capa no se sitúen sobre los de la capa inferior adyacente, sino que ocupen lugares diferentes. Esto se ha conseguido mediante la inclusión de una pequeña subcapa de carbono entre cada par de capas de silicio y nanopuntos de germanio cuya función es esconder la información de los puntos cuánticos de niveles inferiores. La consecuencia principal de esta decorrelación entre capas consecutivas es la disminución de la conductividad térmica al dificultar el transporte del calor en la dirección perpendicular a las multicapas. En este trabajo se ha comprobado que esta reducción respecto a las estructuras ordenadas es superior a un factor 2. Este hecho podría tener consecuencias notables de cara al diseño de nuevos materiales con características termoelectricas mejoradas y abre las puertas a la realización de posibles nanorefrigeradores que se podrían integrar en los dispositivos semiconductores más habituales, al ser una tecnología compatible con la tecnología del silicio.

Figura 2. Conductividad térmica para la muestra ordenada (en azul) y desordenada (en rojo). La línea continua corresponde al cálculo mediante el modelo teórico. La gráfica de la derecha corresponde al espectro Raman de fonones acústicos, que intervienen en el transporte del calor, medidos en las mismas muestras.

Las estructuras en base Ge también son candidatas para aplicaciones de alta temperatura, como la recuperación del calor que se genera en procesos de combustión y su conversión en energía eléctrica.

Un segundo aspecto importante en el trabajo publicado es el estudio teórico de las propiedades térmicas que este nuevo material presenta a través de un modelo sencillo basado en una modificación de la ecuación de Fourier del calor, que consigue predecir su comportamiento a partir de sus dimensiones características. Así, fruto de los estudios previos sobre el tema, los investigadores han conseguido entender el fundamento teórico sobre el cual se basa el comportamiento térmico de este material nanoestructurado.

La investigación está coordinada por Javier Rodríguez, profesor del Departamento de Física de la UAB, con la participación de Jaime Álvarez, Xavier Álvarez y David Jou, del mismo departamento, así como los investigadores del CSIC Paul Lacharaise, Alessandro Bernardi, Isabel Alonso, y el investigador ICREA Alejandro Goñi. Parte de la investigación se ha llevado a cabo en el Laboratorio de Nanotecnología del Centro de Investigación MATGAS en el Parc de Recerca UAB. La investigación ha sido publicada en Applied Physics Letters. El grupo de científicos continúa trabajando en el desarrollo de un material que además tenga una buena conductividad eléctrica mediante el dopaje controlado de la estructura.

Xavier Álvarez

Universitat Autònoma de Barcelona

Referencias

Artículo: J. Alvarez-Quintana, X. Alvarez, J. Rodriguez-Viejo, D. Jou, P. D. Lacharaise, A. Bernardi, A. R. Goñi, M. I. Alonso, "Cross-plane thermal conductivity reduction of vertically uncorrelated Ge/Si quantum dot superlattices", APPLIED PHYSICS LETTERS, July 2008.

[View low-bandwidth version](#)