

Un muro atómico para confinar los electrones ultrarrelativistas del grafeno

Las partículas cuánticas ultrarrelativistas del grafeno se mueven a velocidades cercanas a las de la luz. Ahora un equipo internacional liderado desde la Universidad Autónoma de Madrid ha logrado por primera vez detener su movimiento con un 'muro' impenetrable levantado con 'ladrillos' de hidrógeno. El avance puede facilitar la integración de este material en los dispositivos electrónicos.

SINC

14/8/2020 13:30 CEST

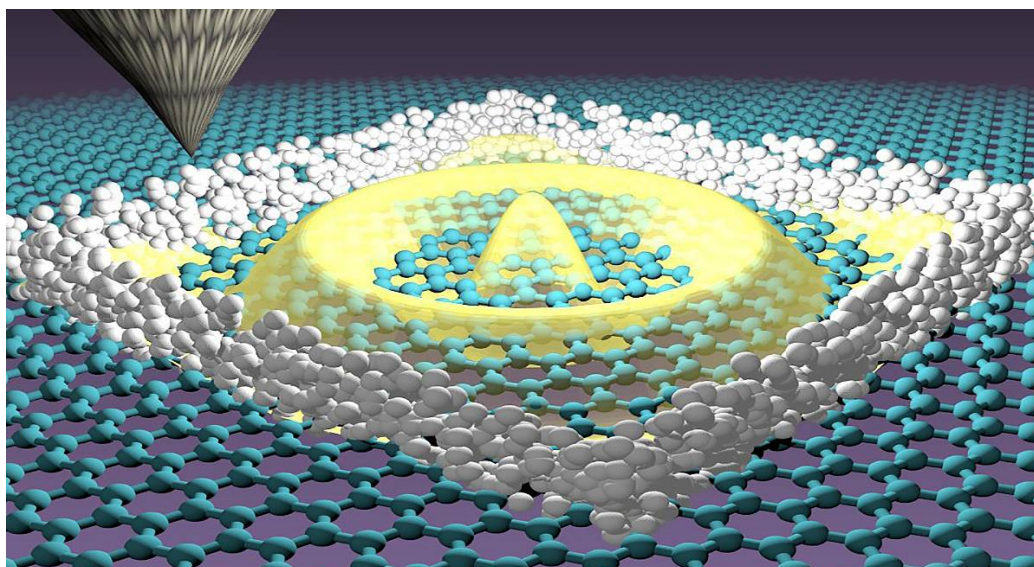


Imagen esquemática de la creación de paredes impenetrables para los electrones del grafeno, mediante la manipulación de átomos de hidrógeno con la punta del microscopio de efecto túnel.

/ José Lado-Aalto University

¿Cómo se detiene algo que no se puede parar? Un grupo internacional de científicos ha conseguido resolver este químico desafío empleando 'ladrillos' atómicos para construir muros capaces de detener los electrones ultrarrelativistas del **grafeno**.

Con la ayuda de un microscopio de efecto túnel se ha demostrado que es posible manipular de forma colectiva un gran número de átomos de hidrógeno,

para crear paredes impenetrables al paso de los electrones ultrarrelativistas del grafeno

El trabajo se ha publicado en la revista [*Advanced Materials*](#) por investigadores de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), la Université Grenoble Alpes (Francia), el Laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnología (Portugal) y la Universidad de Aalto (Finlandia). Concretamente, que muestran cómo es posible manipular de forma colectiva un gran número de átomos de hidrógeno para crear paredes impenetrables al paso de los electrones del grafeno.

Los experimentos, realizados en la UAM con un **microscopio de efecto túnel**, han permitido usar esas paredes para construir, con precisión subnanométrica, nanoestructuras de grafeno de formas arbitrariamente complejas, con dimensiones que van desde los dos nanómetros hasta una micra.

El método desarrollado permite borrar y reconstruir las nanoestructuras a voluntad, y se puede implementar en diferentes tipos de grafeno. Los experimentos, apoyados por cálculos teóricos, demuestran que las nanoestructuras creadas son capaces de confinar perfectamente los electrones del grafeno.

Se logra abrir un **gap** electrónico

“De este modo, hemos conseguido superar el codiciado reto de abrir un 'hueco' o **gap electrónico** en grafeno con un valor modulable, ya que este viene definido por el tamaño y forma de la nanoestructura creada”, explican los autores.

“El método –agregan–, abre una plétora de nuevas y excitantes posibilidades, ya que las nanoestructuras creadas se comportan como **puntos cuánticos de grafeno** que pueden ser acoplados de forma selectiva, lo que permitiría usarlos en simuladores cuánticos para profundizar en nuestro entendimiento de la materia cuántica”.

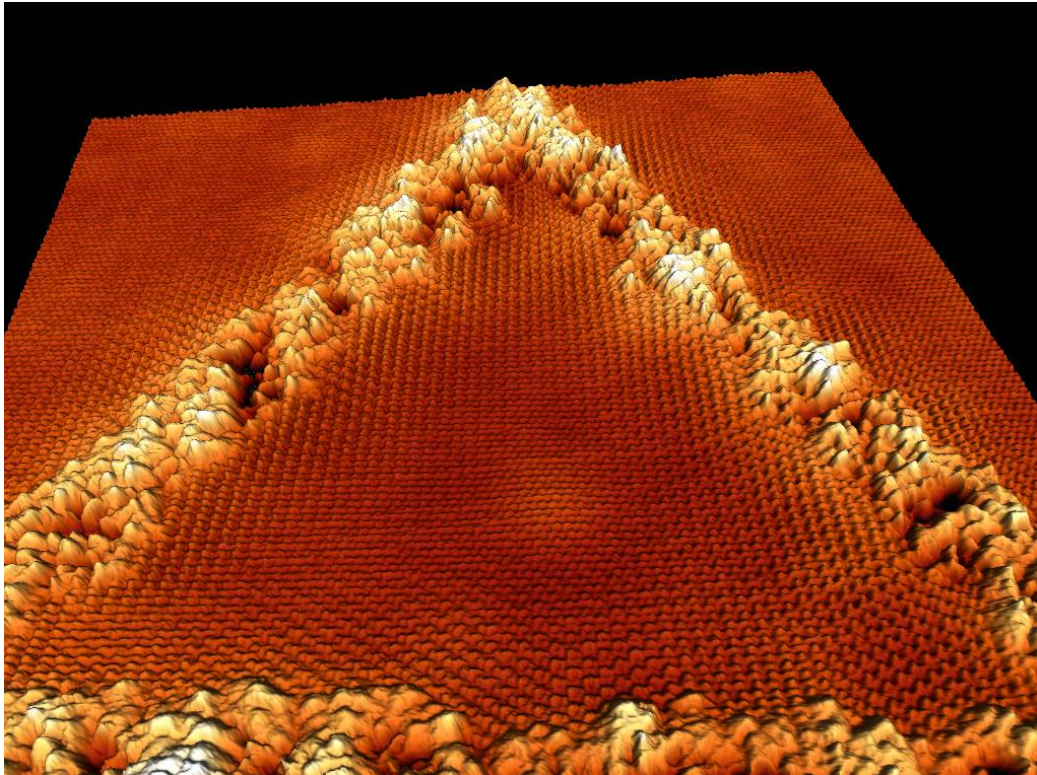


Imagen de microscopía de efecto túnel mostrando un punto cuántico de grafeno creado con paredes impenetrables hechas de átomos de hidrógeno. Tamaño de la imagen: 30x30nm² / UAM

Además de la fascinación que produce poder experimentar con partículas cuánticas ultrarrelativistas, este hallazgo tiene una relevancia aplicada fundamental. Poder construir muros capaces de confinar a los electrones del grafeno permite dotar a este material de ese *gap* electrónico modulable, algo clave para posibilitar su integración en los dispositivos electrónicos reales.

Los electrones son partículas subatómicas responsables del transporte de la electricidad. Cuando circulan por grafeno, los electrones se comportan como **partículas cuánticas ultrarrelativistas** (técnicamente, cuasipartículas tipo Dirac). Esto es debido a la peculiar estructura de panal de abeja en la que se ordenan los átomos de carbono de los que está compuesto este material puramente bidimensional.

Poder construir muros capaces de confinar a los electrones del grafeno permite dotar a este material de un 'hueco' o *gap* electrónico modulable, algo clave para posibilitar su integración en los dispositivos electrónicos

Por tanto, las reglas de juego que rigen el comportamiento de los electrones en grafeno son muy especiales, ya que han de obedecer simultáneamente las leyes de la **mecánica cuántica** (necesarias para objetos de tamaños muy reducidos) y las de la **física ultrarrelativista** (necesarias para objetos de masa despreciable moviéndose a velocidades cercanas a las de la luz).

Esto da lugar, por ejemplo, a lo que se conoce como **paradoja de Klein**, que implica que estos electrones solo pueden detenerse mediante paredes atómicamente abruptas. De no ser así, cuando inciden en ciertas direcciones atravesarán estas paredes independientemente de su grosor o altura.

Esta cualidad única hace que los electrones puedan circular libremente por el grafeno, sin ser apenas afectados por las diversas impurezas que en él puedan existir, lo que otorga a este material cualidades excepcionales para su uso en **dispositivos electrónicos**.

Sin embargo, tanta libertad de movimiento tiene un precio, ya que a su vez esto hace que sea extremadamente complejo contener el movimiento de estos electrones, lo que había impedido hasta ahora emplear el confinamiento cuántico en estructuras del tamaño de unos pocos nanómetros para abrir de forma selectiva el tan deseado *gap* electrónico.



Microscopio de efecto túnel con el que se realizaron los experimentos / UAM

Referencia:

Cortés-del Río, E., Mallet, P., González-Herrero, H., Lado, J.L., Fernández-Rossier, J., Gómez-Rodríguez, J.M., Veuillen, J.-Y., Brihuega, I. 2020. Quantum Confinement of Dirac Quasiparticles in Graphene Patterned with Sub-Nanometer Precision. *Advanced Materials* <https://doi.org/10.1002/adma.202001119>

Derechos: **Creative Commons**.

TAGS

GRAFENO |

ELECTRONES |

MATERIALES |

ELECTRÓNICA |

Creative Commons 4.0

Puedes copiar, difundir y transformar los contenidos de SINC. [Lee las condiciones de nuestra licencia](#)