



Madrid, jueves 8 de julio de 2021

Un estudio esclarece un mecanismo clave en la carrera hacia cúbits más robustos para computación cuántica

- El trabajo del CSIC analiza nuevos estados cuánticos en nanohilos semiconductores recubiertos de una capa superconductora de pocos átomos de grosor
- El estudio busca aplicar en computación cuántica las ventajas potenciales de estos sistemas híbridos para albergar cúbits más robustos

Los ordenadores cuánticos más desarrollados en la actualidad emplean cúbits (unidades de procesamiento para computación cuántica) basados en materiales superconductores. Estos cúbits son muy frágiles ante cualquier perturbación, lo que impide a día de hoy explotar todo el potencial de la computación cuántica. Un equipo internacional con participación de investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha dado los primeros pasos para identificar las condiciones precisas bajo las cuales es posible generar cúbits mucho más robustos en un sistema semiconductor con propiedades superconductoras. Los resultados del estudio han sido publicados en la revista *Science*.

“Desde hace varios años, nuestras teorías predicen que es posible generar cúbits muy robustos en estos sistemas híbridos superconductor/semiconductor. Estos cúbits se denominan de Majorana porque matemáticamente se puede hacer una analogía muy interesante entre las ecuaciones que los describen y las que gobiernan ciertas partículas relativistas. En términos sencillos, estos estados son el equivalente a partir un electrón en dos mitades muy separadas espacialmente. Podemos usar estas dos mitades para crear un cúbit muy robusto frente a perturbaciones, pero antes tenemos que asegurarnos de que tenemos los estados adecuados. Nuestro estudio se centra precisamente en esta cuestión y demuestra que en estos sistemas híbridos hay una competición muy compleja de diferentes mecanismos físicos que se traduce en nuevos estados cuánticos que en la práctica dan señales experimentales idénticas a las de los estados de Majorana; de alguna manera hemos descubierto unos impostores muy interesantes con los que incluso podríamos fabricar un cúbit”, explica Ramón Aguado, investigador del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid ICMM-CSIC.

“La idea es usar el efecto de proximidad para que el material semiconductor adquiera las propiedades del superconductor y se generen nuevos estados cuánticos que no existen en cada material por separado. Es como si al semiconductor lo disfrazas con una capa superconductora, y al hacerlo adquiere nuevos *superpoderes* sin perder las ventajas de ser semiconductor. En la práctica, usamos un nanohilo semiconductor totalmente recubierto por una capa superconductora de unos pocos átomos de grosor, lo que incluso nos permite apagar y volver a encender la superconductividad a voluntad aplicando un campo magnético, esto nos permite identificar los estados cuánticos de manera muy precisa”, comenta Fernando Peñaranda, autor de las simulaciones numéricas que apoyan las conclusiones del estudio experimental y que realiza su tesis doctoral en el ICMM-CSIC.

El desafío de la decoherencia cuántica

La computación cuántica requiere decenas de miles de cúbits para obtener el rendimiento prometido por esta tecnología. Los ordenadores cuánticos actuales se encuentran en una fase primigenia de desarrollo, lejos aún de alcanzar esa meta. El problema radica en un fenómeno conocido como decoherencia cuántica. “Los cúbits son una unidad de información muy frágil, ya que cualquier perturbación externa los destruye. Por ello es necesario que por cada unidad lógica existan miles de unidades a su alrededor que produzcan redundancia. Así, aunque se produzcan errores, estos se pueden corregir. Sin embargo, esta corrección de errores por redundancia todavía requiere de un gran salto tecnológico, ya que es necesario un escalado masivo de cúbits”, comenta Elsa Prada, del ICMM-CSIC. Por su parte, Pablo San José, del mismo centro de investigación, indica que “ante este problema existen varias alternativas. Una de estas alternativas son los sistemas basados en materiales híbridos semiconductor-superconductor que, potencialmente, pueden albergar estados cuánticos robustos frente a decoherencia y, por tanto, no necesitan tanta redundancia”.

“La demostración de cúbits de Majorana robustos frente a decoherencia es uno de los santos griales en el campo. Además, el uso de materiales semiconductores es potencialmente una ventaja en el proceso de escalado. Nuestro estudio identifica claramente las condiciones físicas que generan los distintos tipos de estados cuánticos en estos sistemas. Esperamos que este sea un primer paso hacia una nueva generación de experimentos que den lugar a ordenadores cuánticos basados en estas nuevas propiedades tan exóticas que aparecen al combinar distintos materiales en un nanodispositivo híbrido”, concluye Aguado.

Este proyecto, realizado en colaboración con investigadores de Austria (Institute of Science and Technology) y Dinamarca (Niels Bohr Institute y Microsoft Research), está enmarcado dentro de la estrategia CSIC de la Plataforma PTI+ de Tecnologías Cuánticas.

Marco Valentini, Fernando Peñaranda, Andrea Hofmann, Matthias Brauns, Robert Hauschild, Peter Krogstrup, Pablo San-Jose, Elsa Prada, Ramón Aguado, Georgios Katsaros. **Nontopological zero-bias peaks in full-shell nanowires induced by flux-tunable Andreev states.** *Science*. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abf1513>

Marta García Gonzalo / CSIC Comunicación