

30/07/2021

Un tipo alternativo de corriente de electrones podría implicar repensar nuestra la ingeniería electrónica para alta frecuencia



Cuando los electrones viajan a lo largo de un dispositivo electrónico producen un campo eléctrico oscilante que se propaga a lo largo del dispositivo hasta los contactos metálicos. Este fenómeno genera una nueva corriente que se denomina corriente de desplazamiento, y su velocidad de propagación es por naturaleza mucho más rápida que el movimiento de electrones que la produce. Sin embargo, este componente de la corriente es, en general, ignorado en los modelos de transporte electrónico cuántico independiente del tiempo. En un trabajo reciente, usando la formulación Bohmiana de la mecánica cuántica, el grupo de investigación liderado por el profesor Xavier Oriols ha desarrollado un modelo de transporte electrónico dependiente del tiempo para incluir este componente en la estimación de la corriente total en dispositivos cuánticos. La consideración de la corriente de desplazamiento propuesta en el trabajo abre muchas nuevas oportunidades para la electrónica de TeraHercios (THz) en escenarios cuánticos.

La miniaturización siempre ha sido la herramienta clave para que los dispositivos electrónicos lleguen a frecuencias de trabajo más altas, ya que disminuye el tiempo que

pasa un electrón para cruzar el dispositivo (llamado tiempo de tránsito).

Se sabe que si el voltaje de un dispositivo varía más rápido que este tiempo, el movimiento de los electrones no seguirá la señal de tensión, rompiendo la linealidad de la ley de Ohm.

Este nuevo régimen no está bien descrito en los modelos de transporte electrónico cuántico habituales que están focalizados principalmente en predecir la corriente continua (CC). El elemento que falta en los enfoques anteriores es el hecho de que la corriente de un hilo no sólo consiste en electrones que cruzan el hilo, sino también en el campo eléctrico que estos electrones producen mientras viajan. Este componente de corriente se denomina corriente de desplazamiento y por su naturaleza es más rápido que la dinámica de los electrones que la generan.

Como consecuencia, en este nuevo régimen de alta frecuencia, surgen nuevas posibilidades para la nanoelectrónica de alta frecuencia si la corriente de desplazamiento se introduce correctamente en escenarios cuánticos.

En este trabajo dirigido por el profesor Xavier Oriols [1], miembro del Departamento de Ingeniería Electrónica, la corriente de desplazamiento se ha incluido en un nuevo tipo de modelo de Landauer [2] del transporte electrónico, superando la idea injustificada de los dispositivos cuánticos a THz como sistemas que tienen las mismas características corriente-tensión que los sistemas continuos, pero sólo funcionando más rápidos. Para hacer este trabajo se ha utilizado un tipo de teoría cuántica original, pero bien establecida, llamada mecánica cuántica de Bohm [3] donde la realidad de la posición de los electrones no depende de que el electrón sea medido o no.

Este nuevo modelo se ha utilizado para predecir las no linealidades en el funcionamiento del dispositivo llamado "Resonant Tunnelling Diode" cuando éste trabaja por encima de su límite de tiempo de tránsito. Estos no linealidades no pueden ser predichos por los modelos de CC independientes del tiempo mencionados anteriormente.

Con este nuevo modelo, estas no linealidades se podrían estimar y utilizar eficazmente para aumentar la aplicabilidad de la electrónica cuántica THz, y mejorar sus prestaciones. Por ejemplo, rediseñando, con el uso de este nuevo concepto de corriente de desplazamiento, muchos dispositivos ampliamente utilizados, tales como multiplicadores de frecuencia, rectificadores, moduladores para alcanzar frecuencias de trabajo más altas, hasta los THz. Esto se puede lograr evitando la miniaturización por debajo de los 10 nm y mejorando así la fiabilidad de la producción, la estabilidad térmica y la disipación de calor de los futuros nanodispositivos.

Nuestro trabajo impulsará aún más los límites de la electrónica cuántica dentro del llamado GAP de frecuencia THz, que en el próximo futuro estará ocupada por la tecnología de telecomunicaciones 6G.

Xavier Oriols

Matteo Villani

Departamento de Ingeniería Electrónica

Universitat Autònoma de Barcelona

xavier.oriols@uab.cat

Referencias

[1] M. Villani, X.Oriols, S. Clochiatti, W. Prost, N. Weimann, **There is Plenty of Room for THz Tunneling Electron Devices Beyond the Transit Time Limit**, *El. Dev. Lett.*, 2021, 42, 2.

[2]R. Landauer, **Electrical Resistance of Disordered One-Dimensional Lattice**, *Phil. Mag.*, 1969, 863.

[3]Bohm, D. **A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables**. *Phys. Rev.*, 1952, 85, 166.

[View low-bandwidth version](#)