

30/07/2021

## Un tipus alternatiu de corrent d'electrons podria implicar repensar l'enginyeria electrònica a alta freqüència



Quan els electrons viatgen en un dispositiu electrònic produeixen un camp elèctric oscil·lant que es propaga a al llarg del dispositiu fins als contactes metàl·lics. Aquest fenomen genera un nou corrent que s'anomena corrent de desplaçament, i la seva velocitat de propagació és per naturalesa molt més ràpida que el moviment dels electrons que la produeixen. Tanmateix, aquest nou component és, en general, ignorat en els models de transport quàntic independents del temps. En un treball recent, mitjançant l'ús de la formulació Bohmiana de la mecànica quàntica, el grup de recerca dirigit pel professor Xavier Oriols ha desenvolupat un model de transport electrònic dependent del temps que inclou aquest component en l'estimació del corrent total en dispositius quàntics. La consideració del corrent de desplaçament proposat al treball obre moltes noves oportunitats per a l'electrònica a freqüències de TeraHertz (THz) en escenaris quàntics.

La miniaturització sempre ha estat l'eina clau perquè els dispositius electrònics arribin a freqüències de treball més altes, ja que disminueix el temps que passa un electró per creuar el dispositiu (anomenat temps de trànsit).

Se sap que si el voltatge d'un dispositiu varia més ràpid que aquest temps, el moviment dels electrons no seguirà el senyal de tensió, trencant la linealitat de la llei d'Ohm.

Aquest nou règim no està ben descrit en els models de transport electrònic quàntic habituals que estan focalitzats principalment en predir el corrent continu (CC). L'element que falta en els enfocaments anteriors és el fet que el corrent d'un fil no només consisteix en electrons que creuen el fil, sinó també en el camp elèctric que aquests electrons produeixen mentre viatgen. Aquest component de corrent s'anomena corrent de desplaçament i per la seva naturalesa és més ràpid que la dinàmica dels electrons que la generen.

Com a conseqüència, en aquest nou règim d'alta freqüència, sorgeixen noves possibilitats per la nanoelectrònica de alta freqüència si el corrent de desplaçament s'introdueix correctament en escenaris quàntics.

En aquest treball dirigit pel professor Xavier Oriols [1], membre del Departament d'Enginyeria Electrònica, el corrent de desplaçament s'ha inclòs en un nou tipus de model de Landauer [2] del transport electrònic, superant la idea injustificada dels dispositius quàntics a THz com a sistemes que tenen les mateixes característiques corrent-tensió que els sistemes continu, però només funcionant més ràpids. Per a fer aquest treball s'ha utilitzat un tipus de teoria quàntica original, però ben establerta, anomenada mecànica quàntica de Bohm [3] on la realitat de la posició dels electrons no depèn de que l'electró sigui mesurat o no.

Aquest nou model s'ha utilitzat per a predir la no linealitats en el funcionament del dispositiu anomenat "Resonant Tunnelling Diode" quan aquest treballa per sobre del seu límit de temps de trànsit. Aquests no-linealitats no poden ser predits pels models de CC independents del temps mencionats anteriorment.

Amb aquest nou model, aquestes no linealitats es podrien estimar i utilitzar eficaçment per augmentar l'aplicabilitat de l'electrònica quàntica THz, i millorar les seves prestacions. Per exemple, redissenyant, amb l'ús d'aquest nou concepte de corrent de desplaçament, molts dispositius àmpliament utilitzats, com ara multiplicadors de freqüència, rectificadors, moduladors per tal d'assolir freqüències de treball més altes, fins els THz.

Això es pot aconseguir evitant la miniaturització per sota dels 10 nm i millorant així la fiabilitat de la producció, l'estabilitat tèrmica i la dissipació de calor dels futurs nano-dispositius.

El nostre treball impulsarà encara més els límits de l'electrònica quàntica dins de l'anomenat GAP de freqüència THz, que en el proper futur estarà ocupada per la tecnologia de telecomunicacions 6G.

**Xavier Oriols**

**Matteo Villani**

Departament d'Enginyeria Electrònica

Universitat Autònoma de Barcelona

[xavier.oriols@uab.cat](mailto:xavier.oriols@uab.cat)

**Referències**

[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](#)