



Institut de physique

Actualités scientifiques

Réaliser un interrupteur avec un motif de boîtes quantiques à la surface du silicium

Janvier 2018

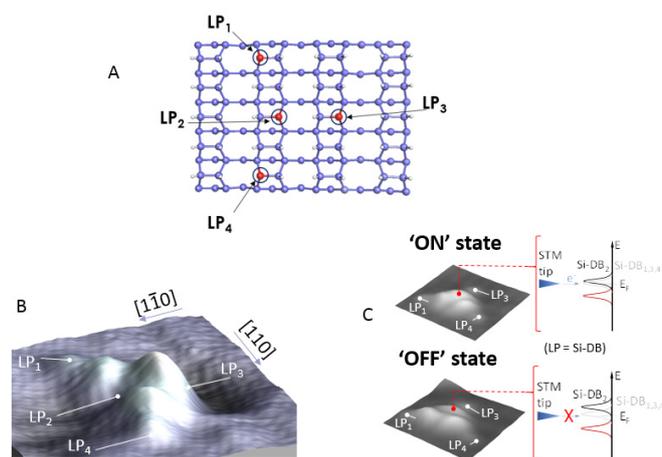
Concevoir à l'échelle atomique des dispositifs quantiques dont on contrôle les propriétés est un enjeu important des nanosciences. A partir d'une surface de silicium hydrogénée, des chercheurs du CNRS ont façonné un dispositif de boîtes quantiques et, à l'aide de simulations numériques, ont pu comprendre et analyser les couplages entre ces boîtes qui sont à l'origine des propriétés du dispositif.

Le contrôle de l'interaction de boîtes quantiques à l'échelle de l'atome est une quête constante pour définir des dispositifs quantiques aux propriétés innovantes. La surface du silicium recouverte d'une couche mono-atomique d'hydrogène se prête particulièrement bien à cet exercice. En effet, un atome d'hydrogène manquant à la surface crée une liaison pendante qui présente les caractéristiques électroniques d'une boîte quantique. Grâce aux techniques à sonde locale telles que le microscope à effet tunnel, il est possible à très basse température (9 kelvins) de contrôler le détachement d'un seul atome d'hydrogène à l'endroit désiré. On peut ainsi réaliser des motifs bidimensionnels de boîtes quantiques dont les niveaux électroniques seront couplés et, par la compréhension de ce couplage, concevoir des dispositifs répondant à des propriétés choisies.

Des chercheurs de l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay

(CNRS/Univ. Paris-Sud/Univ. Paris Saclay), en collaboration avec des chercheurs de l'Institut de sciences des matériaux de Mulhouse (CNRS/Univ. Haute-Alsace) et de FEMTO-ST (CNRS/UTBM/UFC/ENSMM), ont combiné 4 boîtes quantiques en forme d'étoile dont les couplages s'ordonnent de telle sorte que le dispositif obtenu ait deux états : passant et bloquant. Ils ont pour cela analysé et exploité l'anisotropie du couplage des boîtes quantiques, anisotropie qui permet de moduler les interactions électroniques suivant la direction de leur arrangement par rapport aux axes cristallographiques du silicium. Dans l'état initial, la répartition des charges est homogène sur l'ensemble de l'étoile (état passant). En injectant une charge à partir du courant tunnel du microscope, la charge se répartit aux extrémités de l'étoile et il y a ouverture d'une bande interdite au centre (état bloquant). On revient au premier état en inversant le signe de la tension de la pointe du microscope et le dispositif, semblable à un interrupteur, peut ainsi basculer réversiblement d'une fonction passante (ON) à une fonction bloquante (OFF).

Jusqu'à présent, les couplages entre boîtes quantiques à l'origine de ces fonctions n'étaient pas expliqués. Dans ce travail, des simulations numériques utilisant la théorie de la fonctionnelle densité sur plus de 1600 atomes ont montré que les couplages proviennent de la réorganisation ordonnée des charges induite par l'interaction avec les atomes de dopants présents dans le silicium. L'ensemble des résultats expérimentaux a été reproduit par ces simulations. La réalisation et la compréhension de ce dispositif ouvrent ainsi des perspectives dans les domaines des nanosciences liés à l'électronique moléculaire, à l'information quantique ou bien à la fonctionnalisation des surfaces de silicium et à la réalisation de capteurs à l'échelle atomique.



Le panneau A représente la surface du Si(100):H sur laquelle ont été créées 4 liaisons pendantes (LP) ou boîtes quantiques, symbolisées par les atomes en rouge et notées LP1 à LP4. Elles sont imagées par le microscope à effet tunnel suivant deux directions cristallographiques orthogonales du silicium (panneau B). Le dispositif en étoile à trois branches peut être dans deux états électroniques passant (ON) ou bloquant (OFF) (panneau C).

En savoir plus

A two-dimensional ON/OFF switching device based on anisotropic interactions of atomic quantum dots on Si(100):H

M. Yengui, E. Duverger, P. Sonnet et D. Riedel

Nature Communications (2017), doi:10.1038/s41467-017-02377-4

Contact chercheur

Damien Riedel, chercheur CNRS

Informations complémentaires

Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO, CNRS/UPSud/Univ. Paris Saclay)

Institut FEMTO-ST (CNRS/UFC/ENSMM/UTBM)

Institut de science des matériaux de Mulhouse (IS2M, CNRS/Univ. Haute-Alsace)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie
3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 42 53

inp.com@cnrs.fr

www.cnrs.fr/inp