ゲルマニウム 2 次元正孔ガス中の単一量子ドットの電気特性評価

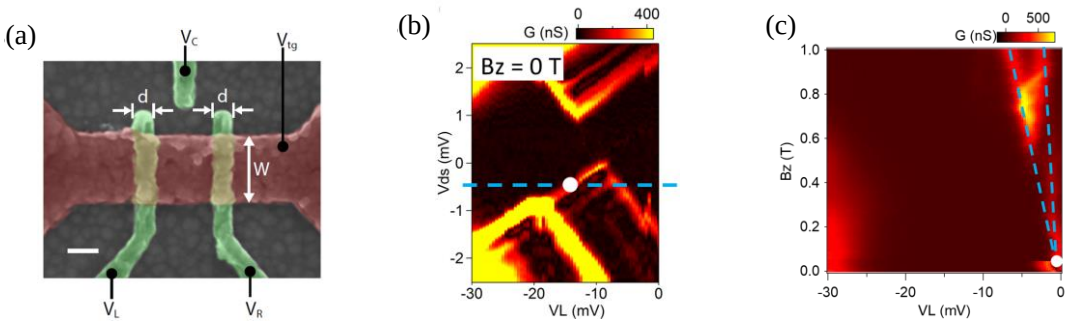
Transport properties through Ge quantum dots in two-dimensional hole gas

東工大[1], Univ. Grenoble Alpes[2], INAC-PHELIQS, CEA[3], Univ. Worwick[4]
○(D) 溝口 来成[1], Romain Maurand[2,3], Florian Vigneau[2,3],
小寺 哲夫[1], Maksym Myronov[4], Silvano de Franceschi[2,3]
Tokyo Tech.[1], Univ. Grenoble Alpes[2], INAC-PHELIQS, CEA[3], Univ. Worwick[4]
◦Raisei Mizokuchi[1], Romain Maurand[2,3], Florian Vigneau[2,3],
Tetsuo Kodera[1], Maksym Myronov[4], Silvano de Franceschi[2,3]
E-mail: mizokuchi.r.aa@m.titech.ac.jp

[背景] スピン量子コンピュータ実現に向け、材料に核スピンの少ない Si のような IV 族半導体を用いた、長いコヒーレンス時間を持つスピン量子ビットが実現され始めた。しかしながら、現実的な量子計算には、さらに長いコヒーレンス時間や高速なスピン操作が要求されている。本研究では、ゲルマニウム量子ドット中の重い正孔に着目し、基礎的な電気特性について調べた。ゲルマニウムはシリコン同様 IV 族半導体であり、核スピンが少ない。加えて、2 次元系において重い正孔は、軽い有効質量、大きな面直 g 因子、比較的強いスピン軌道相互作用を持つことが知られており、スピン量子デバイス実現に適した性質を有していると考えられる。

[実験・結果] p 型の Ge を用いた単一量子ドット構造の正孔輸送特性を 300 mK で調べた(図 a)。量子ドットは、Ge/SiGe ヘテロ構造中の 2 次元正孔ガス中のポテンシャルを制御することで実現した。量子ドット構造の基本的な特性であるエネルギー準位間隔と g 因子を磁場や電圧への依存性から調べた。単一量子ドット構造に期待される通り、電気伝導度のバイアス電圧、ゲート電圧依存性にダイアモンド状の電流の流れない領域が観測された(図 b)。励起準位に対応する、ダイアモンドに平行な線からエネルギー準位間隔が 440 μeV 程度と見積もられた。また、面直磁場への依存性から比較的大きな g 因子が求められた(~5)。これは 2 次元の重い正孔に期待される結果であり、2 次元的な量子ドットの形成が示唆される。

[謝辞] 本研究は，Agence Nationale de la Recherche の助成の基に遂行された。



(a) A scanning electron micrograph of Al gates for a quantum dot device made from a Ge/SiGe heterostructure. (b) Differential conductance as a function of gate voltage and drain-source voltage (c) Differential conductance as a function of gate voltage and out-of-plane magnetic field

© 2018年 応用物理学会