

正孔動作シリコン量子ドットデバイス集積化に向けた オフセットバイアスによるポテンシャル変調技術

Potential modulation by offset bias for integration of hole-based silicon QD devices

東工大 °天野 亘, 小林 瑞樹, 西山 伸平, 溝口 聖也, 山岡 裕, 溝口 来成, 小寺 哲夫

Tokyo Institute of Technology, °Kou Amano, Mizuki Kobayashi, Shimpei Nishiyama,

Seiya Mizoguchi, Yu Yamaoka, Raisei Mizokuchi, Tetsuo Koderu

E-mail: amano.k.ad@m.titech.ac.jp

シリコン量子ドット中に閉じ込められた正孔スピンは p 軌道波動関数を持つため、電子と比べて核スピンとの超微細相互作用が小さく長いコヒーレンス時間が期待されている [1]。また、強いスピン軌道相互作用を持つため、ストリップラインや微小磁石を用いずに電界のみで速いスピン操作を行うことが可能である。このため、スピン量子ビットの集積化に有利性を持つシンブル構造が期待されている。我々は、Fig. 1 に示すような物理的に形成したシリコン量子ドット構造を用いて、正孔スピン量子ビットの実現を目指して研究を進めている [1]。量子ドットの閉じ込めポテンシャルを形成するためのゲートが不要なため、他の研究グループと比較して、ゲート数が少ないという利点がある。しかし、今後の集積化においては、ポテンシャルの変調に用いるゲートの数も極力減らすことが望ましい [2]。そこで本研究では、量子ドットのソースとドレインに対してある共通のバイアスを印加することで、ポテンシャル変調のゲート機能を持たせられるかどうか調べた。

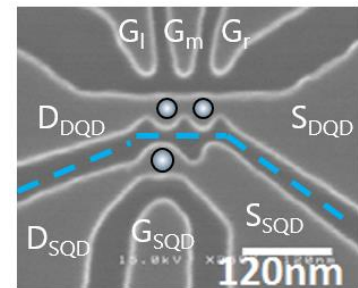


Fig. 1 SEM image of DQD and SQD

具体的には、 p チャネルシリコン単一量子ドット(SQD)と二重量子ドット(DQD)それぞれにおいてドレイン-ソース間電圧を固定し、オフセットバイアス V_{o1} と V_{o2} を変化させた際のクーロンピークの変化を観測した (Fig. 2)。ゲート電圧 V_{gl} , V_{gr} を掃引して得られるクーロンピーク位置が、 V_{o1} と V_{o2} の印加に伴いシフトした。オフセットバイアスが量子ドットのポテンシャル変調ゲートとしての機能を持つことを示唆しており、集積化に向けたゲート数の削減のための有用な技術と考えられる。

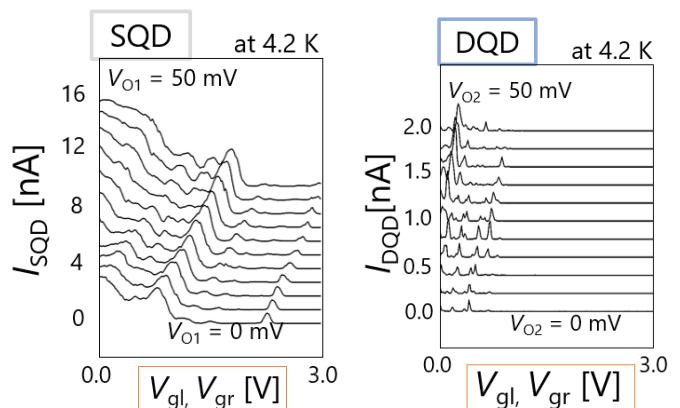


Fig. 2 (a) Self-modulation by SQD offset-bias

(b) Self-modulation by DQD offset-bias

本研究は、JST CREST (JPMJCR1675)、MEXT Q-LEAP の助成を受けて遂行された。

[1] Y. Yamaoka, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 04CK07 (2017).

[2] T. Kambara et al, Jpn. J. Appl. Phys. 52 04CJ01 (2013)