

トンネル結合した電荷センサを持つ 物理形成シリコン量子ドットの特性評価

Characterization of physically defined silicon quantum dot with tunnel-coupled charge sensor

東工大¹, 産総研² ○溝口 来成¹, 西山 伸平^{1,2}, 加藤 公彦², 柳 永勲², 森 貴洋², 小寺 哲夫¹
Tokyo Tech¹, AIST², ○Raisei Mizokuchi¹, Shimpei Nishiyama^{1,2}, Kimihiko Kato², Yongxun Liu²,
Takahiro Mori², Tetsuo Kodera¹

E-mail: mizokuchi.r.aa@m.titech.ac.jp

Silicon-on-insulator 基板をエッチングすることで形成された物理形成シリコン量子ドット (Si-PDQD) は、ゲート数の少なさと QD 配置の自由度からスピン量子ビットの集積化に向けて有望な系であると考えられる。この PDQD を用いたスピン量子ビットの読み出しに向けた先行研究では、電荷センサを用いて単発のトンネリングを捉えることに成功している[1]。しかしながら、量子ビットの実現にはより高い感度での電荷状態の読み出しが必要になる。

本研究では、電荷センサ(CS)とターゲットとなる QD をトンネル結合したデバイスを作製し (Fig.1)[2]、その特性を 4.2 K で評価した。トンネル結合により CS-QD 間の距離の縮小が可能になることで、静電結合が強まり、CS の感度向上が期待される。測定では 4.2 K において、QD と CS の電流(I_{QD} と I_{CS})に加えて、LC 共振回路を結合した CS の反射率の変化のトップゲート電圧(V_{TG})依存性を調べた。 V_{TG} が小さいうちは QD に電流が流れず、ピーク状の I_{CS} とそれに対応した反射率の小さな変化が観測されている。より V_{TG} が大きくなり QD にも電流が流れるようになると、それに応じて I_{CS} の電流に大きな変化が現れ (Fig. 2(b) 青い矢印)、また、反射率も I_{QD} に対応して大きく変化している。これらの変化は QD と CS のトンネル結合によるものと考えられる。今後はこのような構造を用いて高感度な電荷センシングを行う。

本研究は、JST CREST (JPMJCR1675)、MEXT Q-LEAP (JPMXS0118069228)、科研費 (18K18996, 20H00237) の助成を受けて遂行された。

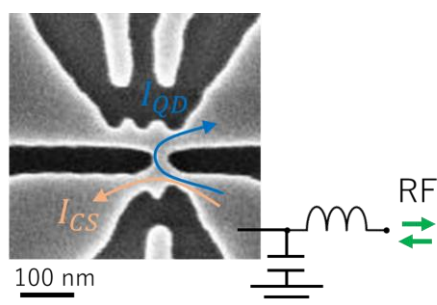


Fig. 1 Scanning electron micrograph with LC tank circuit for RF reflectometry. Current can flow through two paths (I_{QD} and I_{CS}). The left reservoir of the target quantum dot is open.

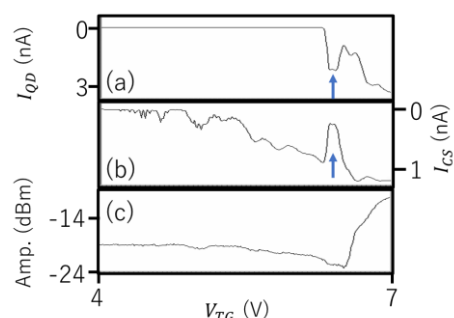


Fig. 2 QD current, I_{QD} (a), CS current, I_{CS} (b), and amplitude of reflected RF signal (c) as a function of top gate voltage, V_{TG} at 4.2 K. $V_{DSCS} = 1$ mV, $f_{RF} = 276.12$ MHz.

[1] 溝口ほか、第 67 回応用物理学会秋季学術講演会、13a-A305-3、2020 年。

[2] A. Morello, et al. *Nature* **467**, 687 (2010).