物理的に形成された量子ドットを用いた RF 反射測定

RF reflectometry on physically defined quantum dot 東工大 ⁰溝口 来成、Sinan Bugu、田所 雅大、小寺 哲夫

Tokyo Tech. °Raisei Mizokuchi, Sinan Bugu, Masahiro Tadokoro, Tetsuo Kodera

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

量子コンピュータ実現に向けシリコン量子ドットを用いたスピン量子ビットの研究が盛んに行われている。スピン量子ビットの読み出しには、スピン緩和時間などの制約から広帯域・高速な測定方法が求められる。このような測定系を実現するため、LC 回路を量子ドットに結合し、RF 波の反射率の変化からセンサの抵抗値の変化を観測する RF-SET という技術が利用されてきた。[1]

本研究では、将来の集積化に適した、silicon-oninsulator 基板上に物理的に形成された量子ドット



Fig.1 Scanning electron micrograph of a silicon quantum dot device and circuit diagram. LC tank circuit and bias tee are connected to a reservoir. White circle indicates the position of quantum dot.

デバイスを用いて、極低温下において反射測定を行った (Fig. 1)。同様の構造での先行研究では、 トップゲートの静電容量が量子ドットの抵抗の変化の観測を妨げていたと考えられたため[2]、本 研究ではトップゲート構造のないデバイスを用いた。まず、RF 波の周波数を変化させたときの反 射率の依存性から共振周波数 $f_r = 1/2\pi\sqrt{LC_p}$ (L:インダクタンス、 C_p :寄生容量)が220 MHzとわか った(Fig. 2 (a))。次に周波数を共振周波数に固定し、ゲート電圧 V_GR1を変化させたときの結果を Fig. 2(b,c)に示す。量子ドットに期待されるピーク状の電流値の変化が直流で観測されているが (Fig. 2 (b))、それに対応して反射率も変化していることから(Fig. 2 (c))、RF-SET の実現に成功した。 今後は、この技術を利用して、スピン緩和時間などの測定を行う。

[1] R. Schoelkopf, & P. Wahlgren, Science, 280, 1238 (1998).

[2]小林ほか、第79回応用物理学会秋季学術講演会、21a-CE-9、名古屋、2018年

[謝辞] 本研究は、JST CREST (JPMJCR1675)、MEXT Q-LEAP、科研費(18K18996)の助成を受けて 遂行された。



Fig.2 (a) Reflected power as a function of RF frequency. (b) Current through quantum dot as a function of a side gate voltage V_GR1 in DC at 4.2 K. Back gate voltage $V_BG = 6$ V. (c) Reflected power measured at the same time as for (b) for f = 220 MHz. Coulomb oscillations corresponding to ones in (b) are observed.