多数電子シリコン量子ドット中の電子スピンの磁場依存性

Magnetospectroscopy of electron spins in a multi-electron silicon quantum dot

東工大 [1]，日立研開 [2]，○溝口 来成 [1]，坂本 剛 [1]，近藤 知宏 [1]，松岡 竜太郎 [1]，
土屋 龍太 [2]，峰 利之 [2]，久本 大 [2]，水野 弘之 [2]，米田 淳 [1]，小寺 哲夫 [1]

Tokyo Tech[1], R&D Group, Hitachi Ltd.[2], ◦Raisei Mizokuchi[1], Go Sakamoto[1], Chihiro Kondo[1],
Ryutaro Matsuoka[1], Ryuta Tsuchiya[2], Toshiyuki Mine[2], Digh Hisamoto[2],
Hiroyuki Mizuno[2], Jun Yoneda[1], Tetsuo Kodera[1]

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

シリコンスピン量子ビットの大規模集積化には、制御配線の密度を下げるなどの目的のため中距離量子結合が重要な役割を果たすと考えられる。中距離量子結合器の有力な実現方法として、電子の波動関数の広がりが大きな単一の量子ドットがあげられる[1]。このような量子ドットは内部電子数が多数であり、これまでに高忠実度な量子ビットが実現されてきた少数電子量子ドットと、そのスピン状態やコヒーレンスが異なることが期待される [1,2]。

本研究では、チャージングエネルギーが小さく、径が大きいと目される多数電子シリコン量子ドット中の電子スピン状態を極低温下において調べた。中距離量子結合器は有限のスピンを持つ必要があり、さらにそのコヒーレンスが長いことが望ましい。スピンのコヒーレンスを調べるのに最も都合の良い、スピンの大きさSが1/2のスピン状態を見つけるため、電荷センサを用いて電荷遷移線の磁場依存性を測定した(Fig.1)。スピンの大きさに依存して、磁場をかけたときにエネルギーが変化する。Fig. 1 (b)では、磁場の大きさに依存したゼーマン分裂によるエネルギー変化が現れており、その傾きから$S = 1/2$ が期待される。このような電子状態に制御パルス電圧や電子スピン共鳴を誘起する高周波信号を印加することで、スピンのコヒーレンスを調べることが可能になると期待される。

本研究はJST Moonshot R&D Grant Number JPMJMS2065, MEXT Quantum Leap Flagship Program (MEXT QLEAP) Grant No. JPMXS0118069228, JST さきがけ (JPMJPR21BA)，科研費 (JP20H00237, JP20K15114, JP21K14485)の支援を受けて遂行された。

[1] F. Fedele, et al., PRX Quantum **2**, 040306 (2021).
[2] R.C.C. Leon, et al., Nat. Commun. **11**, 797 (2020).

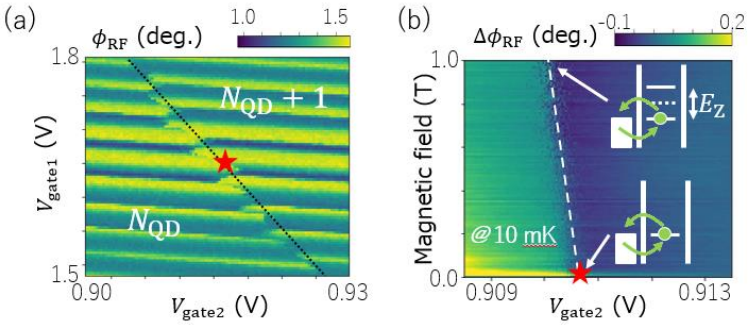

Fig.1 (a) Charge stability diagram of a quantum dot system at zero magnetic field. N_{QD} indicates the electron number in a quantum dot. For the charge sensing, RF reflectometry is used, and the phase of the reflected signal ϕ_{RF} is read out. (b) Magnetospectroscopy of the charge transition line indicated by the red star in (a) as a function of a gate voltage and magnetic field.