

物理的に形成された p 型シリコン二重量子ドットにおける正孔スピン共鳴

Hole spin resonance in a physically defined p-type silicon double quantum dot

東工大¹、産総研² ○田所 雅大¹、鈴木 優作¹、西山 伸平^{1,2}、加藤 公彦²、柳 永勲²、村上 重則²、森 貴洋²、溝口 来成¹、米田 淳¹、小寺 哲夫¹Tokyo Tech.¹, AIST² ○Masahiro Tadokoro¹, Yusaku Suzuki¹, Simpei Nishiyama^{1,2}, Kimihiko Kato²,Yongxun Liu², Shigenori Murakami², Takahiro Mori², Raisei Mizokuchi¹, Jun Yoneda¹,and Tetsuo Kodera¹E-mail: tadokoro.m.aa@m.titech.ac.jp

将来的な量子コンピュータ実現に向け、半導体量子ドット中のスピン量子ビットは大規模集積化に有利な系であると注目を集めている。その中でもシリコン量子ドット中の正孔スピンは超微細相互作用による外乱が小さく、長いコヒーレンス時間を持つとされている。また、強いスピン軌道相互作用(SOC)を持つため交流電場のみでのスピン操作が実現されてきた [1]。

本研究では物理的に形成された p 型シリコン二重量子ドット (DQD, Fig.1) でパウリスピンブロッケード (PSB) 領域を観測し、その領域において正孔スピン共鳴の観測に成功した。PSB 領域ではドット内のスピン状態によって選択的に正孔の輸送が抑制されている。この領域でデバイス上部に作製されたトップゲート (TG) からマイクロ波を印加した。マイクロ波は SOC を介することで正孔にとっては有効交流磁場として作用する。外部磁場に比例する正孔スピンのゼーマンエネルギーに対応する周波数の交流電場が印加されたとき、Fig.2 に示すように電流ピークが観測された。これは、有効交流磁場によるスピン共鳴で正孔スピンの回転し、PSB の漏れ電流が生じたためである。電流ピークは 2 つ見られ、これは二重量子ドットの各ドットにおけるゼーマンエネルギーに対応していると考えられる。今後、大規模集積化に有利である物理的に形成された p 型シリコン量子ドット中のスピン量子ビットの実現が期待される。

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。

[1] Maurand, R. *et al.* “A CMOS silicon spin qubit.” *Nat. Commun.* 7, 13575 (2016).

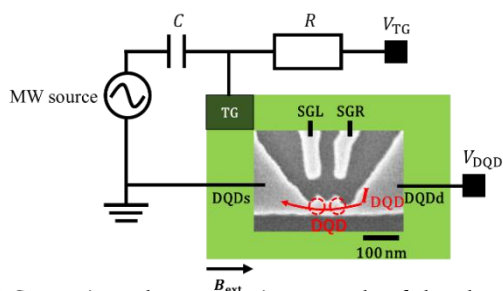


Fig.1 Scanning electron micrograph of the device and measurement circuit. To apply a microwave signal and DC offset voltage at the same time, we made a bias tee with $R = 1 \text{ k}\Omega$ and $C = 4.7 \text{ }\mu\text{F}$. The measurement temperature is 300 mK. The black arrow shows the direction of external magnetic field, B_{ext} .

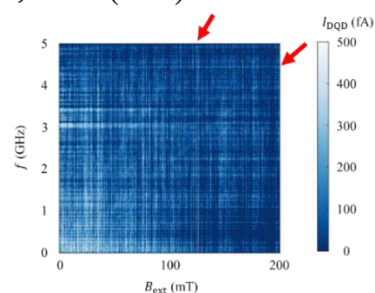


Fig.2 I_{DQD} measured in sweeping the RF frequency and stepping B_{ext} . The output RF power is -10dBm and attenuated in the lines. We have subtracted the back ground current (estimated from the frequency dependence observed at $B_{\text{ext}} = 100 \text{ mT}$ and the magnetic field dependence at $f = 5 \text{ GHz}$