

20 spins/ $\sqrt{\text{Hz}}$ の感度を持つ超伝導磁束量子ビット検出型電子スピン共鳴 Electron spin resonance spectroscopy with sensitivity of 20 spins/ $\sqrt{\text{Hz}}$ using a superconducting flux qubit

NTT 物性基礎研¹ Rangga P. Budoyo^{1,A}、角柳孝輔¹、○樋田啓¹、
松崎雄一郎^{1,B}、齊藤志郎¹

NTT BRL¹, Rangga P. Budoyo^{1,A}, Kosuke Kakuyanagi¹, ○Hiraku Toida¹,
Yuichiro Matsuzaki^{1,B}, Shiro Saito¹

E-mail: hiraku.toida.ds@hco.ntt.co.jp

我々は超伝導磁束量子ビットを用いて電子スピン共鳴の実験を行っている。電子スピン共鳴装置を評価する指標として感度と検出体積（空間分解能）を用いることができるが、今回それらを改善したので報告する。

実験は図 1(a) に示すセットアップを用いて行った。測定対象となる試料は磁束計として働く超伝導磁束量子ビットの上に直接貼り付けている。試料に含まれる電子スピンに由来する磁化は、電子スピン共鳴の有無により変化するが、その変化を超伝導磁束量子ビットを使って読み出すことで電子スピン共鳴スペクトルを得た。図 1(b) に $^{167}\text{Er}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ の電子スピン共鳴スペクトルを示す。超微細相互作用および核四重極相互作用に起因する多数のピークが見えている。

これまでに実現した超伝導磁束量子ビット検出型電子スピン共鳴 [1] では、超伝導量子干渉素子 (Superconducting quantum interference device: SQUID) の常伝導状態への遷移を用いて量子ビットの状態を読み出ししていた。この方法では、読み出し後に SQUID が超伝導状態に回復するまでの待ち時間が長く、単位時間あたりの測定回数に制約があり、積算による感度向上を妨げていた。今回、我々は Josephson 分岐増幅器 (Josephson bifurcation amplifier: JBA) を用いて量子ビットの状態を読み出し、単位時間あたりの測定回数を増やすことで感度を改善した。その結果、20 spins/ $\sqrt{\text{Hz}}$ の感度が得られた。また、検出体積は主に磁束量子ビットのループの大きさにより決まるが、ループの面積を $6\ \mu\text{m}^2$ まで小さくすることで 6 fL の検出体積を実現した。これらの値は従来の実験 [1] からそれぞれ 20 倍、8 倍改善している。

講演では、実験系や感度の見積もりの詳細のほか、更に感度を改善するための手法についても議論する。

本研究は JST CREST(JPMJCR1774) の支援を受けたものである。

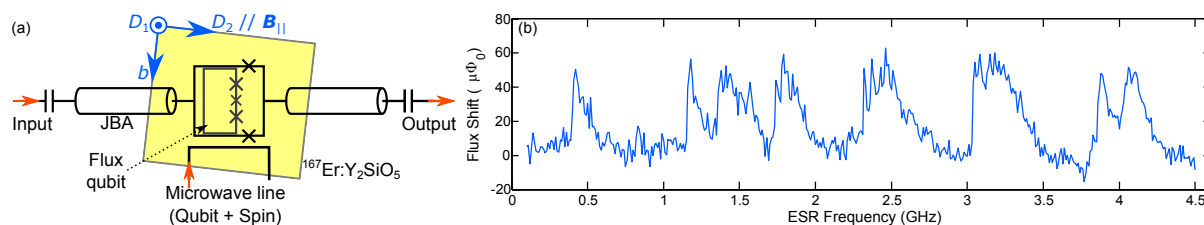


図 1: (a) Experimental setup. (b) Electron spin resonance spectrum of $^{167}\text{Er}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ measured without the in-plane magnetic field $B_{\parallel}$.

^A 現所属: シンガポール国立大学量子技術研究所

^B 現所属: 産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門エレクトロインフォマティクスグループ

[1] H. Toida, et al. *Communications Physics* **2**, 33 (2019).