

シリコンスピン量子ビットの量子非破壊測定 Quantum Non-demolition Readout of a Silicon Spin Qubit

東工大¹, 理研²,

○米田淳¹, 武田健太², 野入亮人², 中島峻², Sen Li², 神岡純¹, 小寺哲夫¹, 樽茶清悟²

Tokyo Tech.¹, RIKEN²,

°J. Yoneda¹, K. Takeda², A. Noiri², T. Nakajima², S. Li², J. Kamioka¹, T. Koder¹, S. Tarucha²

E-mail: yoneda.j.aa@m.titech.ac.jp

シリコン量子ドット中の電子スピンに着目した量子ビットは、将来的な大規模量子コンピュータを実装する物理系として期待され、長い量子情報保持時間、高忠実度な量子操作などが実証されてきた[1-3]。今回の受賞論文では、この量子ビットの量子非破壊測定を実現した[4]。量子非破壊測定とは、量子ビット状態を量子論の要請以上に破壊しない読み出しのことで、多くの量子プロトコル実装の前提となる。

通常、シリコンスピン量子ビットは、スピン状態を電荷に変換（スピン-電荷変換）したのち、近傍の電荷計などによって電荷を検出することで読み出される。この読み出し法では、電子スピンが必然的に破壊されてしまう。本論文では、読み出したいスピンの情報を補助スピンへと転写したのちに、補助スピンを読み出すことで、量子非破壊測定を実現した[4]。具体的には、補助スピンとして隣接するドットの単一電子スピンを利用した(図(a))。微小磁石によって不均一な磁場を印加することで、量子ビット間に働く相互作用がハイゼンベルグ型ではなくイジング型となり、転写時のスピン観測量への影響を抑制できる。非破壊忠実度は99%に達し、20回繰り返した際の読み出しと初期化の忠実度は、80%からそれぞれ95%と92%まで向上した(図(b))。さらに測定過程の反復可能性を利用することで、伝令付きで99.6%の精度

で初期化が可能となることを示した。このような量子非破壊測定技術は今後、量子ビット系の大規模化に必要な、測定結果に基づく量子情報処理への応用展開が期待される[5]。

[1] J. Yoneda *et al.*, *Nature Nanotechnology* **13**, 102–106 (2018).

[2] A. Noiri *et al.*, *Nature* **601**, 338–342 (2022).

[3] 溝口来成、米田淳、小寺哲夫 電子情報通信学会論文誌 C J105-C, 07 (2022).

[4] J. Yoneda *et al.*, *Nature Communications* **11**, 1144 (2020).

[5] T. Kobayashi *et al.*, arXiv:2209.02259 (2022).

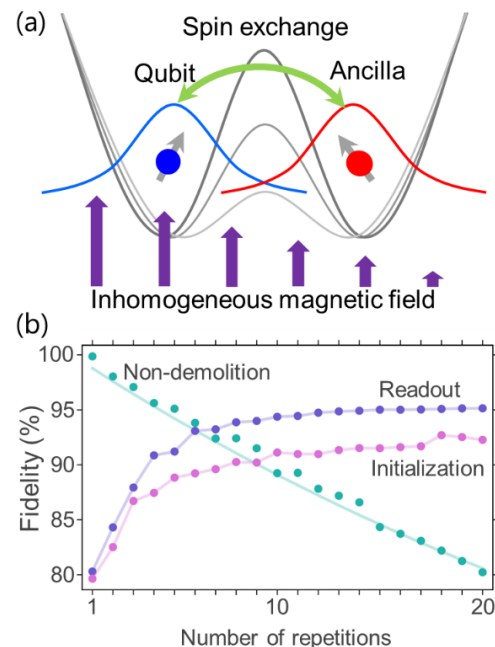


Figure (a) Schematic representation of Ising-coupled spin qubits. (b) Fidelities as a function of the number of readout repetitions.