

ダイヤモンド縮退電子スピン量子ビットの全光学制御

All-optical control of a degenerate electron spin qubit in a nitrogen-vacancy center in diamond

○関口雄平、黒岩良太、加納浩輝、中村孝秋、石田直輝、延與梨世、今池伸晃、*小坂英男
(横国大院工)

○Yuhei Sekiguchi, Ryota Kuroiwa, Hiroki Kano, Takaaki Nakamura, Naoki Ishida, Riyo Enyo,
Nobuaki Imaike, *Hideo Kosaka
(Yokohama Natl. Univ.)

*E-mail : kosaka@ynu.ac.jp

量子情報通信、量子センシングなどの量子テクノロジーにおいて、局所性に優れた光による固体スピン量子メモリの制御技術が必要とされている。光は電子スピンと直接相互作用しない代わりに、スピン軌道相互作用によって生成される軌道励起状態を用いることで、偏光状態に依存するスピン選択的軌道励起が可能である。これを用いることで、光による電子スピン初期化、読み出し[1]や光子スピンもつれ生成[2]、吸収[1]、これら技術を利用した光子から核スピンへの量子状態転写[3]が実証されている。

本研究では、ダイヤモンド単一窒素空孔中心(NV 中心)の基底縮退スピン状態 $|m_S = \pm 1\rangle$ を量子メモリとし[4]、スピン軌道混合励起状態 $|A_2\rangle$ を補助状態とした Λ 三準位系(図 1a,b)を用いて、電子スピンに対して準共鳴光による非断熱幾何学回転を行った。光の偏光と離調の自由度を利用して回転軸と回転角を選ぶことで、完全に任意な単一量子ビットゲートを実証し、90%を超える平均忠実度を得た[5]。準共鳴光を用いる本手法は、シュタルク効果もしくは誘導ラマン遷移を用いる非共鳴な手法と比べ、ゲート時間が著しく短いと同時に、自然緩和を抑えて、高忠実度な操作を実現する(図 1c)。

本講演では、縮退 Λ 準位系を利用した全光学電子スピン制御の手法や、非断熱幾何学学位相回転の実験、解析結果について詳しく論じる。

日頃から、ご議論・ご協力いただく宮地徳之氏、加藤宙光氏、牧野俊晴氏、山崎聡氏、水落憲和氏、松崎雄一郎氏、根本香絵氏に感謝いたします。本研究は総務省 NICT 委託研究、科研費 A、S、平山新学術領域の支援を得た。

- [1] H. Kosaka *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 053603 (2015).
- [2] E. Togan *et al.*, *Nature* **466**, 730–734 (2010).
- [3] S. Yang *et al.*, *Nat. Photon.*, **10**, 507–511(2016).
- [4] Y. Sekiguchi *et al.*, *Nat. Commun.*, **7**, 11668 (2016).
- [5] Y. Sekiguchi *et al.*, *Nat. Photon.* **11**, 309 (2017).
- [6] D. Press *et al.*, *Nature* **456**, 218–221 (2008).
- [7] B. B. Buckley *et al.*, *Science* **330**, 1212–1215 (2010).

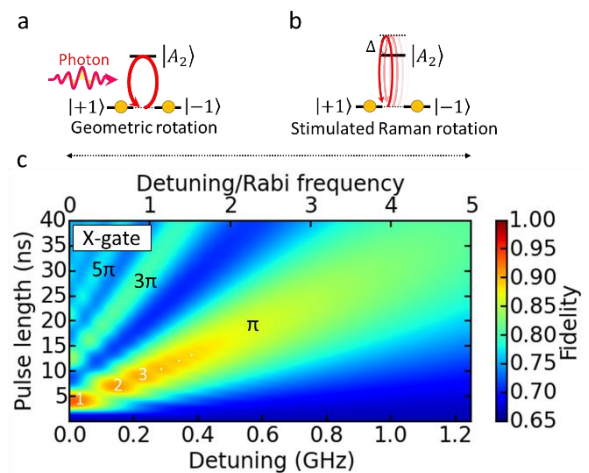


図 1. (a)非断熱幾何学位相回転の概略図。(b)誘導ラマン遷移の概略図。(c)縮退スピン量子ビットの X ゲートの忠実度。離調が Rabi 周波数に比べて小さい場合は、離散的(白数字)な幾何学位相が量子ゲートを構成する(断熱幾何学位相回転)。離調が Rabi 周波数に比べて大きい場合は、連続的に積算された微小幾何学位相が量子ゲートを構成する(誘導ラマン遷移)。黒数字は量子ビットの回転角を示す。