

ダイヤモンド単一 NV 中心における縮退電子スピン量子ビットの 光波による幾何学的量子回転操作

Geometric quantum rotation operation of a degenerate electron spin qubit
with a lightwave in an NV center in diamond

○石田直輝、中村孝秋、田中統太、三島将太、関口雄平、黒岩良太、加納浩輝、
*小坂英男 (横浜国大院工)

○Naoki Ishida, Takaaki Nakamura, Touta Tanaka, Shota Mishima, Yuhei Sekiguchi,
Ryota Kuroiwa, Hiroki Kano, *Hideo Kosaka (Yokohama National University)

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

我々はダイヤモンド窒素空孔 (NV) 中心に捕獲された電子および隣接する窒素の核子を物質量子ビットとして用いた研究を行っている(図 1)[1-3]。

本研究の特色は、磁場を完全に排除して縮退させたスピン 1 の電子の ± 1 準位を論理量子ビットとする点にある。縮退量子ビットは通常、操作も読み出しも出来ないが、光学励起状態の A_2 を補助準位とする幾何学的量子操作が可能である(図 2)。これは、対応した電子スピンの明状態(図中 B)が A_2 を経由する事で経路積分に依存した幾何学位相を獲得するものである。同様の操作はマイクロ波を用いても可能であるが[2]、光を用いることで局所的($<1\mu\text{m}$)かつ微弱光($\sim 1\mu\text{W}$)で高速な($\sim 1\text{ns}$)操作が可能である。本研究では、パルス時間幅に対する誤り耐性について調べた。

我々はこれまで準共鳴光による縮退電子スピンの任意軸・任意角回転に成功している[4]。しかしながら、準共鳴方式では幾何学的位相と動的位相の両方を利用するため、回転の忠実度が回転角に応じて変動する可能性がある。そこで本研究では、共鳴光による任意軸・任意角回転を行い(図 3)、操作誤差に対する耐性について調べた(図 4)。共鳴方式では誤り耐性

が回転角によらず一定で許容性が高いことがわかる。しかしながら、結晶歪みがあると励起状態において増大する超微細相互作用の影響で核スピン状態が破壊されること、励起状態の寿命($\sim 12\text{ns}$)よりも十分早く操作しないと実吸収によって忠実度が劣化すること、などの課題がある。結晶歪みは外部電場により補償することが可能であるが、実吸収の抑制はフォトニック結晶などで真空場を制御する必要があり、完全な量子操作には技術的な課題が残る。

日頃から、ご議論・ご協力いただく水落憲和氏、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、科研費基盤 A、S、平山新学術領域の支援を得た。

- [1] H. Kosaka and N. Niikura, *Phys. Rev. Lett.*, 114, 053603(2015).
- [2] Y. Sekiguchi, H. Kosaka *et al.*, *Nature Commun.*, 7, 11668 (2016).
- [3] S. Yang, H. Kosaka *et al.*, *Nature Photon.*, 103, (2016).
- [4] 新倉他 物理学会 2015 年 秋季大会, 関西大学.

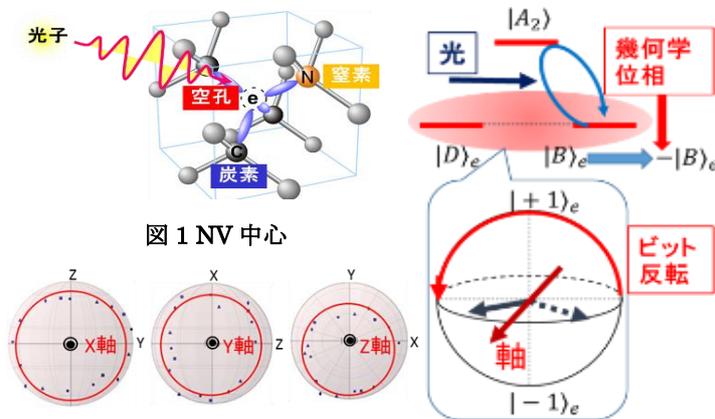


図 1 NV 中心

図 3 XYZ 幾何回転

図 2 幾何学的量子操作の原理

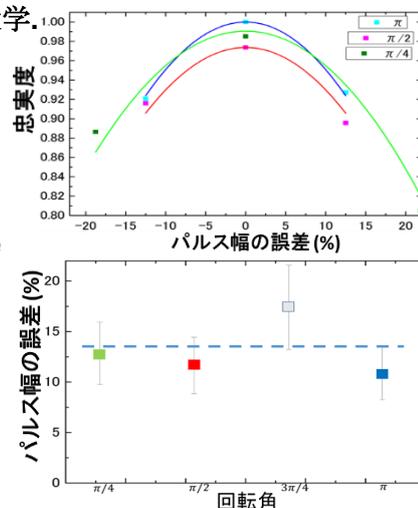


図 4 回転操作の誤り耐性