

ダイヤモンド窒素核スピンの 光によるシングルショット読み出し

横国大院工

石坂泰一、延與梨世、中村孝秋、関口雄平、小坂英男

Optical single-shot measurement of a nitrogen nuclear spin in diamond
Yokohama National University

Taiichi Ishizaka, Riyo Enyo, Takaaki Nakamura, Yuhei Sekiguchi, Hideo Kosaka

量子通信や量子計算といった量子情報テクノロジーにおいて、量子状態の測定は中核要素でありながら、多くの実験では確率的な測定が行われている。多くの場合は効率を落とすだけに留まるが、量子中継技術への応用を考える場合は量子メモリーの決定論的な測定が本質的な意味をもつため、一度の測定で確実な結果を与えるシングルショット測定が不可欠である。

我々は、ダイヤモンド窒素空孔中心（NV 中心）を伝送光子から核スピンメモリーに量子テレポーテーション転写するためのインターフェイスとして用いた実験を行っている。NV 中心の電子スピンは光によって読み出せるが、一度の測定では光子の検出効率が悪くシングルショット測定は困難である。しかし、電子-窒素核スピン間の相関を利用し電子スピンによって核スピンを間接測定すれば、非破壊な核スピンの連続測定が可能になる。

今回我々は、電子-窒素核スピンの超微細相互作用を利用することで、窒素核スピン状態の間接的な読み出しを行った(図1)。これにより窒素核スピンの状態を壊さずに繰り返し読み出すことに成功し、核スピン状態の確実な測定手法を確立した。またこのシングルショット測定を用いて窒素核スピンの $|0\rangle_N$ および $|\pm 1\rangle_N$ 状態での光子数分布を測定し、NV 中心の電荷の移り変わりによるエラーを排除した場合に、測定忠実度 93%が得られることを示した(図2)。講演では本実験結果を説明するとともに、シングルショット測定における量子非破壊性について議論する。

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、寺地徳之氏、加藤宙光氏、牧野俊晴氏、山崎聡氏に感謝します。本研究は科研費基盤研究(S)、新学術領域「ハイブリッド量子科学」、ポスト「京」萌芽的課題の支援を得た。

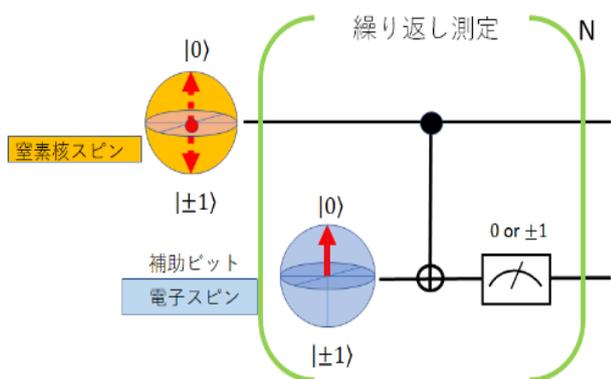


図1. シングルショット測定の量子回路

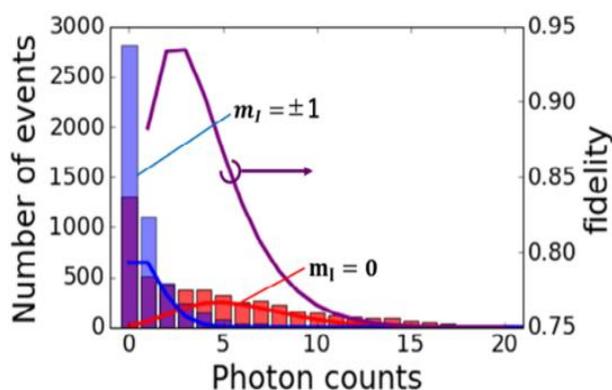


図2. 窒素核スピン状態に応じた光子数分布と忠実度
赤・青の棒グラフはそれぞれ $|0\rangle_N$ ・ $|\pm 1\rangle_N$ 状態における光子数分布を示し、実線はそれぞれのフィッティングを示す。紫線は測定忠実度の光子数閾値の依存性を示す。

[1] S. Yang et al, Nat. Photonics, 10, 507–511 (2016).

[2] L. Robledo et al, Nature, 477, 574-578 (2011).