

# NV 中心における電子・核子もつれ状態のシングルショット測定

Single-shot measurement of quantum entanglement between an electron and a nuclear spin in an NV center

1364056

延與梨世

小坂・堀切研究室

Riyo Enyo

Quantum communications, which have been attracting lots of attention in the recent years, require deterministic quantum measurement for entanglement swapping or quantum teleportation. However, it is hard to deterministically measure the quantum state, because the conventional projective measurement is generally inefficient and hence lose the state information during the measurement. We developed a technique called quantum non-demolition measurement for a nuclear spin of the nitrogen impurity in an NV center in diamond toward the single-shot measurement of the quantum entangled state.

## 1. 序論

量子通信は量子力学によってその安全性が物理的に保証され、その距離を飛躍的に延長するためには光子の量子状態を物質メモリに転写する量子中継器の開発が望まれる。既に我々は、光子からダイヤモンド中の NV 中心(nitrogen vacancy center)の核子への量子テレポーテーション転写の実験に成功している[1]。量子状態転写後の核子間の量子もつれスワップには、確率的な測定ではなく決定論的な測定を可能とする量子非破壊測定の原理に基づくシングルショット測定[2]の実現が不可欠である。

本研究では、窒素核スピンのシングルショット測定を実現し、次にこれを電子と窒素核子の量子もつれ状態のシングルショット測定に応用することを目的とした。さらに、窒素核スピン以上の長時間メモリーが期待される同位体炭素( $^{13}\text{C}$ )の核スピンの量子操作を試み、複数ビットのシングルショット測定に向けた実験を行った。

## 2. 実験

①NV 中心の電子と窒素核子のエネルギー準位を図 1 に示す。まずレーザー光照射(A<sub>1</sub> 準位に共鳴)により電子スピンを初期化、次にマイクロ波による CNOT 操作で核スピン状態を電子スピんに転写、その後レーザー光照射(Ex 準位に共鳴)による発光光子の検出で電子スピンを測定し間接的に窒素の核スピン状態を測定する。これを繰り返すことで窒素の占有状態を破壊することなく検出する光子数を増やし、窒素状態を高忠実度で測定する。本手法で窒素核スピン Rabi 振動と量子もつれ状態を測定した。

②第三近接に  $^{13}\text{C}$  をもつ NV 中心を用い、炭素核スピンを窒素核スピンと同様のラジオ波操作で初期化

し、ODMR(光検出磁気共鳴)スペクトルにより検証した。

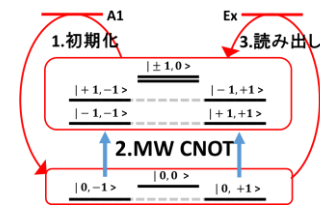


図 1. NV 中心のエネルギー準位

## 3. 結果および考察

①上述の測定を 50 回繰り返すことで検出する光子数を 0.11 光子から 1.9 光子まで向上し(図 2)、66.3% の測定忠実度を達成した。測定エラーは結晶ひずみによる準位間混成が原因でこれを排除する必要がある。

②超微細相互作用が 13.7MHz の  $^{13}\text{C}$  を有する NV に微弱磁場を印加して縮退を解き、窒素核スピンにならって 68% の初期化を達成した(図 3)。

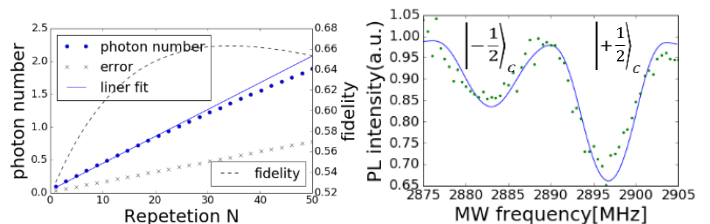


図 2. ゲート数と光子数

図 3.  $^{13}\text{C}$  初期化 ODMR

## 4. 今後の展望

低歪みの NV を用いて忠実度の向上を図り、 $^{13}\text{C}$  を量子ビットとするシングルショット測定の手法を確立する。

### 参考文献

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

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