

# ダイヤモンドにおけるスピン縮退キュービットの マイクロ波偏光による幾何学的量子操作の研究

Geometric quantum manipulation of degenerate spin qubit in diamond by polarization of microwave  
1264120 佐藤恒司 小坂・堀切研究室  
Koji Sato

Quantum manipulation is a fundamental technique in quantum information processing. Here, I demonstrated that quantum states can be manipulated in spins in a single nitrogen-vacancy (NV) center in diamond under a degenerate system by applying geometric phase. This research leads to realization of quantum device such as quantum repeater at room temperature.

## 1. はじめに

量子は偏光や位相などの量子状態によって特徴づけられ、量子状態は相互作用によってある量子から別の量子へと移っていく。このような量子性を生かした量子情報処理には、原理的に安全な暗号である量子暗号や特定の問題が超高速で計算できる量子計算などがあり、その基本単位はキュービットと呼ばれる。キュービットにおいては、量子状態の初期化/書き込み/操作/読み出しなどが容易かつ忠実に実行できなくてはならない。我々は、縮退している光子の偏光状態に合わせて、ダイヤモンド中の単一窒素-空孔 (NV) 中心の電子スピンおよび核スピンを縮退させて扱っている。既に光子の偏光状態と NV 電子スピンの量子相関を測ることに成功した[1]。本研究では、マイクロ波の偏光によって NV 中の縮退した電子スピンおよび核スピンを幾何位相操作[2]することを目的として研究を行った。

## 2. 実験

1)マイクロ波およびレーザーを順次照射することによる核スピンの初期化および 2)位相の異なる 2 発のマイクロ波パルスを照射することによる 任意角・任意軸幾何位相回転を確認した後、3)マイクロ波の偏光によって NV 中のスピンを量子操作した。なお、実験はすべて室温下で行った。

## 3. 結果

### 1)初期化

電子スピン操作の精度向上および核スピン操作の前段階として NV の核スピンの初期化を行い、それを ODMR(光検出磁気共鳴)によって確認した。初期化率は 63%であった。

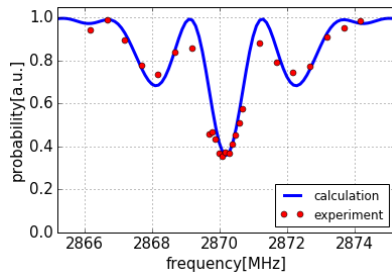


図 1、ODMR による初期化率の確認

### 2) 任意角・任意軸の幾何位相回転操作

$|0\rangle$ 状態とマイクロ波の明状態からなるサブ空間での絶対位相がキュービット空間では相対位相となる

ことを利用(図 2)して、 $|+1\rangle$ 状態と $|-1\rangle$ 状態の間に任意の軸周りかつ任意の大きさの相対位相がつけられることを確認した。忠実度は X,Y,Z 軸それぞれで 91%,92%,90%となった。(図 3 上段)

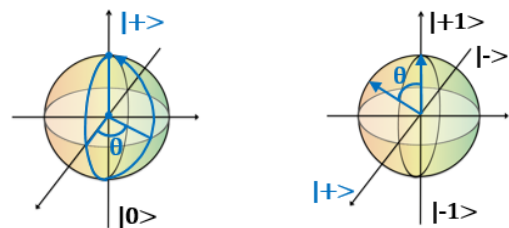


図 2、幾何位相回転による振動の概念図(X 軸周り)

### 3) 量子操作

マイクロ波の偏光によって任意状態の NV 中のスピンを操作し、その成功率を量子間の相互作用を統計的に推定するプロセストモグラフィによって求めた。忠実度は X,Y,Z 軸転写でそれぞれ 90%,86%,95%となった。(図 3 下段)

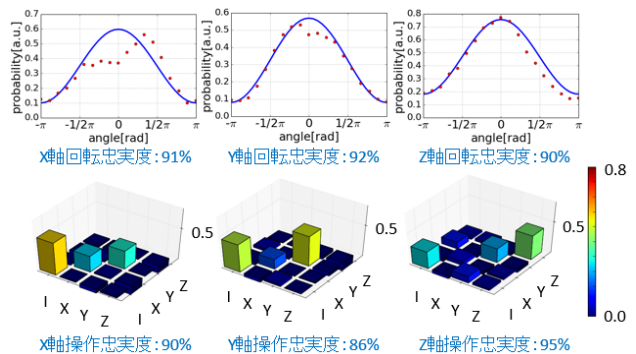


図 3、幾何位相回転による振動(上段)とプロセストモグラフィ(下段)

## 4. 結論および考察

マイクロ波の偏光によって、任意状態の NV 中のスピンを量子操作できることが分かった。忠実度の更なる向上のためには、結晶ひずみやスピンバスなどの影響を減らすべきであることが分かった。

### 参考文献

- [1]H. Kosaka and N. Niikura, Phys. Rev. Lett., **114**, 053603 (2015).
- [2]Arroyo-Camejo, S. et al., Nat. Commun., **5**, 4870 (2014).