

# ダイヤモンドスピン縮退キュービット系の核スピン制御

横浜国立大学理工学部

関口雄平, 幸村雄介, 三島将太, 田中統太, 新倉菜恵子, 小坂英男

Nuclear spin control of a diamond spin degenerate qubit system

Yokohama National University

Yuhei Sekiguchi, Yusuke Komura, Shota Misima, Touta Tanaka, Naeko Niikura, Hideo Kosaka

## 1. はじめに

量子的な重ね合わせ状態を許したビット (qubit) を媒介とした量子暗号通信は量子力学によって安全性が原理的に保障され, 光子の偏光状態を qubit とした暗号通信は短い距離においてはすでに実証されている[1]. その通信距離を延ばすために, 量子中継器と呼ばれる量子的なデバイスが提案されており, それは光子の偏光状態を保存する機構を必要とする[2].

我々のグループでは, 光子の偏光状態をダイヤモンド中の単一窒素-空孔 (NV) 中心の核スピンにその電子スピンを介して転写する研究を行っているが, すで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ている[3]. それゆえ, 電子スピンと核スピンの量子もつれ状態 (量子相関最大の状態) を生成できれば, 光子の偏光状態を核スピンに転写できることになる.

私は, NV 中心における核スピンを制御し, 電子スピンと核スピンの量子もつれ状態を生成することを研究目的とした.

## 2. 実験

NV 中心の縮退キュービット系では図 1 のようなエネルギー準位構造になっており, 量子状態を電子スピン  $S$ , 核スピン  $I$  の磁気量子数によって  $|m_S, m_I\rangle$  のように表記する. この時, 量子もつれ状態が縮退した準位に存在する.

私は, 電子スピン状態と核スピン状態をそれぞれ初期化した後, ①核磁気共鳴, ②電子スピン共鳴によって同時コヒーレント遷移を順に行うことで電子-核スピンもつれを生成する実験を行った.

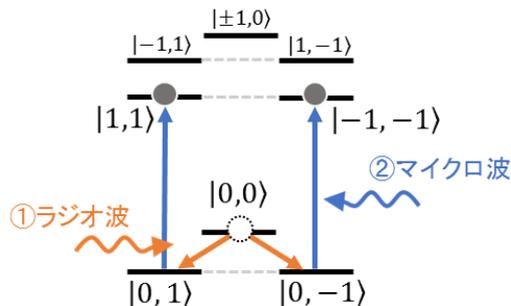


図 1. 縮退キュービット系のエネルギー準位構造と量子もつれ状態  $|\Phi^+\rangle = |1, 1\rangle + |-1, -1\rangle$  の生成法.

## 3. 結果

### 3-1. 核スピン制御

マイクロ波, ラジオ波パルスによる電子核スピン二重共鳴の手法を用いて, ラジオ波の周波数とパルス幅を掃引し, 核スピンの共鳴スペクトル (図 2. (a)), ラビ振動 (図 2. (b)) の結果を得た.

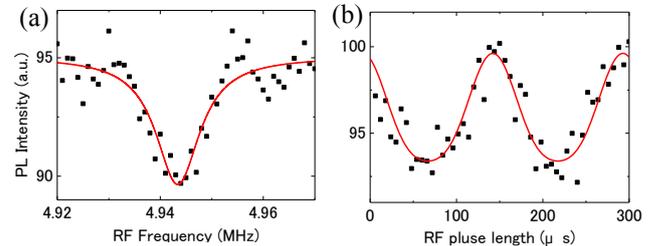


図 2. (a) 核スピンの共鳴スペクトル.  
(b) 核スピンのラビ振動.

### 3-1. 電子-核スピンもつれの生成とトモグラフィ

上記の結果から得られるパラメータを用いて図 1 で示した手法による電子-核スピンもつれ状態生成の理論計算をした.

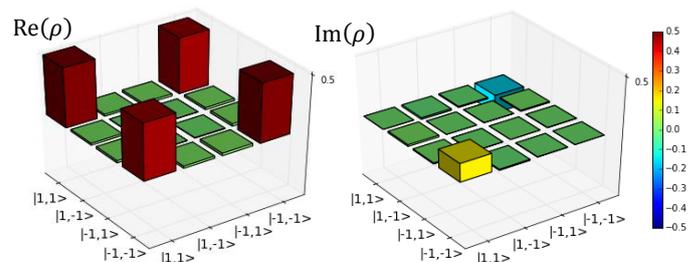


図 3.  $|\Phi^+\rangle$  の量子状態トモグラフィ計算.

## 4. 考察および結論

実験で得られた手法によるもつれ生成計算の忠実度を計算すると 96.7% であり, 核スピンの制御の精度は十分にあることが示された. 図 3 から忠実度低下の原因は対角項, つまり位相にある. 忠実度向上のためには, 核スピンが位相回転をしない時間オーダーで核スピンラビ振動を行う必要があることがわかった.

### 参考文献

- [1] Sasaki M. *et al.*, *Opt. Express* **19**, 10387-10409 (2011).
- [2] L.-M. Duan *et al.*, *Nature* **414**, 413-418 (2001).
- [3] H. Kosaka and N. Niikura, **114**, 053603 (2015).