

ダイヤモンド中の縮退スピンキュービットの量子中継応用

Toward a quantum repeater with degenerate spin qubit in diamond

○三島将太、田中統太、黒岩良太、荒木建人、新倉菜恵子、小坂英男（横国大院工）

○Shota Mishima, Touta Tanaka, Ryota Kuroiwa, Kento Araki, Naeko Niikura,

*Hideo Kosaka (Yokohama National University)

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

近年、CMOS 半導体コンピュータやシリコンの単一スピン制御など量子情報分野においても半導体への関心が高まっている。一方、シリコンの同族元素であるダイヤモンドもパイポラ型の半導体となり、LED 発光も実証されている。ダイヤモンド中の窒素-空孔(NV)中心に付随する電子スピンは、光により容易に初期化・読み出しができ、これに近接した核スピンは室温においても秒をはるかに超える量子メモリー時間を持つなど、光子の量子状態を保存する量子メモリーとして最適である。昨年には離れた二つのダイヤモンド間で、スピン量子の量子テレポーテーション実験に初めて成功し、ダイヤモンドの量子通信応用に向けて研究が加速した[1]。さらに今年になり我々は、ダイヤモンドに内在する量子もつれを利用し、光子の吸収という自然な過程による量子もつれ検出に成功し[2]、量子中継に向けて大きな前進をした。

我々の研究の独創的な点は、従来は磁場によってエネルギー縮退を解いていたスピンを制御していたのに対し、スピン本来の姿であるエネルギー縮退させた二準位量子としたことである。このような縮退キュービットは、通常は操作も読み出しもできないが、スピン量子数1の部分系である±1準位をキュービットとすることで、幾何学的な操作や読み出しが可能である[2]。

本講演では我々が近年取り組んできた、ダイヤモンドを用いた量子中継デバイス応用に向けた試みを紹介する。特に、光波とマイクロ波を組み合わせた軌道とスピンの二重共鳴量子操作、光子と電子の吸収による量子もつれ検出、幾何学的電子スピンエコーの光学的量子プロセストモグラフィ、光共鳴を用いた幾何学的スピン操作などを中心に紹介する。

長距離通信には光を必然的に使い、大容量化に向けて開発が進む光コヒーレント通信の次に控える量子通信を下支えするのが量子中継技術である。ダイヤモンド中のスピン量子メモリーは、光子の量子コヒーレンスを固体で中継する量子メモリーとして期待され、様々な量子をハイブリッドにつなぐ量子メディア変換技術など目的を見据えた基礎的な要素技術の積み上げが今後とも不可欠である。

日ごろからご議論・ご協力いただく水落憲和氏、松崎雄一郎氏、根本香絵氏、Bill Munro 氏、Joerg Wrachtrup 氏、Fedor Jelezko 氏に感謝いたします。本研究は内閣府最先端研究開発支援プログラム(FIRST)、総務省 NICT 委託研究、科研費 24244044 の支援を得た。

[1]W. Praff et al, Science 345, 532 (2014)

[2] H. Kosaka and N. Niikura, PRL, 114, 053603 (2015)

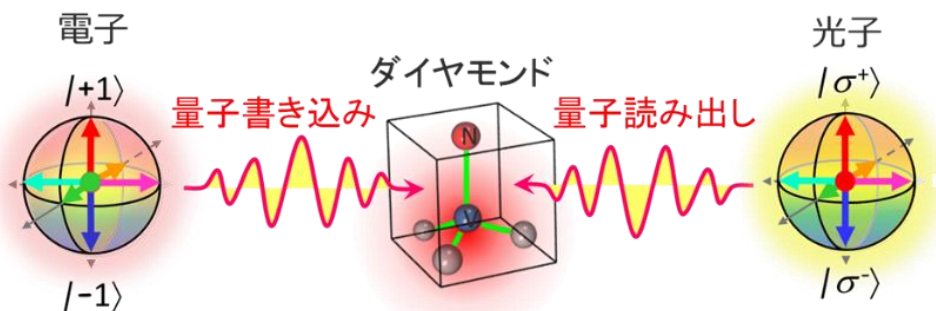


図1. ダイヤモンド NV 中心の吸収による電子と光子のもつれ検出