

ダイヤモンド中の縮退スピンの量子メモリー/量子センサー応用

Toward a quantum memory/quantum sensor with degenerate spin qubit in diamond

○佐藤恒司、中村孝秋、倉見谷航洋、須田雄太、幸村雄介、関口雄平、
小坂英男(横国大院工)

○Koji Sato, Takaaki Nakamura, Koyo Kuramitani, Yuta Suda, Yusuke Komura, Yuhei Sekiguchi,

*Hideo Kosaka (Yokohama National University)

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

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の量子情報処理は、キュービットと呼ぶ情報の担い手を基本要素とする。キュービットは初期化/書き込み/保持/操作/読み出しが容易かつ忠実にこなさなくてはならない。ダイヤモンドの単一窒素空孔 (NV) 中心は、レーザー照射で電子スピンの初期化と読み出しを行えること、および量子メモリー時間が核スピンで 1s 程度もあることなどから、キュービットの有力な候補である。また、量子センサーとしても有望であることが知られており、生体検査等の医学応用にも必須のデバイスとなりうる。

通常は、NV 中心に磁場を印加することでキュービットをゼーマン分裂させて量子操作を行うが、我々は磁場を完全に排除した幾何学的なスピン縮退キュービットを提案し (図 1)、光子と電子の量子もつれ状態を吸収だけで抽出する実験に成功した[1]。スピン縮退キュービットは、同じく縮退している光子の偏光キュービットと整合性が良く、無駄な位相回転も抑えられ、量子メモリー時間の増大にもつながる。

しかし、スピン縮退キュービットでは通常のエネルギー差を利用した量子操作が行えない。そこで我々は、幾何学的量子操作の手法を開発してきた (図 2)。これまでに、縮退電子スピンキュービットの量子状態を任意のタイミングで復元する幾何学的スピンエコー[2]、任意の量子状態を常に維持する幾何学的 Bang-Bang 制御[3]などに成功した。また、マイクロ波とラジオ波の同時コヒーレント励起により、縮退した電子スピンと核スピンの量子もつれを生成する手法も開発した[4]。マイクロ波やラジオ波に光波と同様の偏光自由度を持たせることで、さらに自由度の高い幾何学的量子操作が可能となり、実証実験を試みている。

我々の開発したキュービットと操作方法は、周波数が 8 桁も異なる電磁波を同等に

扱える点でも興味深く、量子情報処理への応用もさることながら、超高感度の量子センサーとしても優れた性能を示している。

講演では、上記の一連の幾何学的量子操作の実験結果を紹介するとともに、量子通信および量子センサーへの応用についても論じる。

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] H. Kosaka and N. Niikura, Phys. Rev. Lett., 114, 053603 (2015).

[2] Y. Sekiguchi *et al.*, Spintech 8, Basel, Switzerland.

[3] Y. Komura *et al.*, QCrypt 2015, Tokyo.

[4] Y. Sekiguchi *et al.*, 日本物理学会 2015 年春季大会, 早稲田大学.

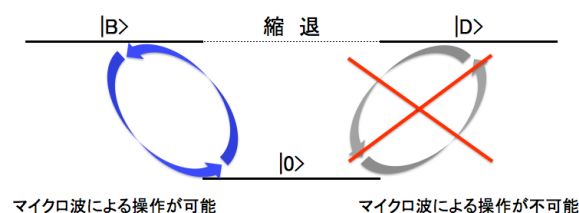


図 1. スピン縮退キュービットの幾何学的量子操作

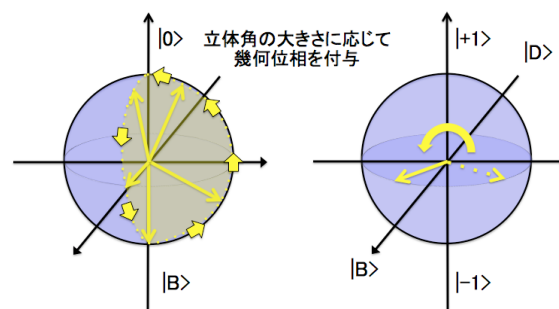


図 2. 幾何位相