

【基盤研究(S)】  
大区分D



研究課題名 **ダイヤモンド量子ストレージにおける万能量子メディア変換技術の研究**

横浜国立大学・大学院工学研究院・教授  
こさか ひでお  
小坂 英男

研究課題番号： 20H05661 研究者番号：20361199  
キーワード： 量子情報物理、スピントロニクス

【研究の背景・目的】

近年、超伝導量子ビットによる量子コンピュータの開発競争が世界的に本格化しているが、一方で物理的に安全性の保証された暗号通信を可能とする量子インターネットの開発も始まっている。さらに、DNA バンク、ビットコインなどの普及により絶対に漏洩の許されない個人情報への安全な保存に向けた量子ストレージの必要性も急速に高まっている。これらを組み合わせた量子コンピュータネットワークの構築により、分散処理により高速化された分散量子計算、秘匿な入出力が可能な秘匿量子計算、地球規模の重力場望遠鏡、精密地震予測などが可能となる(図1)。その実現には量子コンピュータの心臓部となる超伝導量子ビットとの整合性が高く、長時間量子状態を保持できる大規模な量子ストレージとその量子インターフェース開発が不可欠である。

本研究では、ダイヤモンド窒素空孔中心(NV)の周囲にクラウド状に分布する炭素同位体集団で構成される量子ストレージにおける万能な量子メディア変換技術の確立を目的とする。超伝導量子ビットとの整合性が高く、無磁場下で動作する1Mビット規模の量子ストレージの開発により、量子インターネットで接続された量子コンピュータネットワークによる分散型量子計算や秘匿量子計算などに道を拓き、高度情報化社会に飛躍的進化をもたらす。

【研究の方法】

これまでの研究で、NV近傍の表層炭素を無磁場下で動作する量子メモリーとし、幾何学的量子操作と量子テレポーテーション原理によって光子の量子状態を表層炭素に量子メディア変換する技術を開発した。これに対して本研究では、NV遠方の深層炭素集団を量子ストレージとし、幾何学的デカップリングによる深層炭素の個別量子もつれ生成、単一光子から単一深層炭素への選択的な量子メディア変換、任

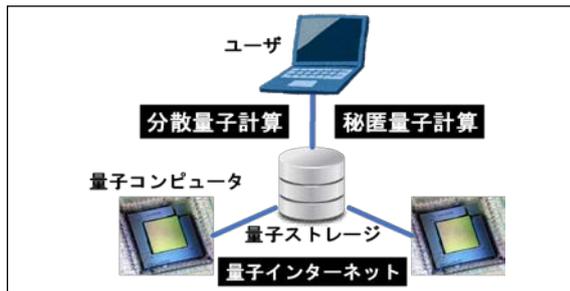


図1 量子ストレージによって量子接続された量子コンピュータネットワークの概念図。

意の深層炭素間の量子もつれ測定、量子符号化によるフォールトトレラント化、NVアンサンブルへの拡張による大規模量子ストレージ化を実現する。

NV中心には欠陥に捕獲された電子とこれに隣接した窒素があり、さらにその周辺に炭素同位体( $^{13}\text{C}$ )が電子からの距離に応じて2種類が層状に分布する。これらを量子プロセッサー、量子バッファ、量子メモリー、量子ストレージとして利用し、さらにアンサンブルの利用で大規模化するのが本研究の特徴である(図2)。

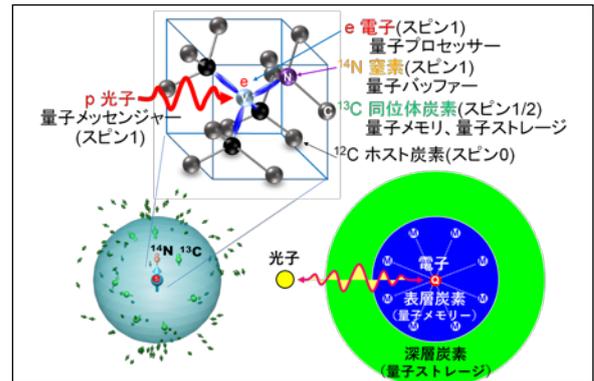


図2 ダイヤモンド中の一つの窒素空孔(NV)中心に付随する電子—表層炭素—深層炭素の階層構造。ハミルトニアン機械学習により、任意の量子操作を可能とする万能な量子メディア変換を行う。

【期待される成果と意義】

完全無磁場下で動作する量子ストレージは超伝導量子ビットとの整合性が高く、量子インターネットで接続された量子コンピュータネットワークによる分散型量子計算や秘匿量子計算などに道を拓く。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Kodai Nagata, Hideo Kosaka\*, et.al., "Universal holonomic quantum gates over geometric spin qubits with polarised microwaves", Nature Communications, 9, 3227 (2018).
- ・ Kazuya Tsurumoto, Hideo Kosaka\*, et.al., "Quantum teleportation-based state transfer of photon polarization into a carbon spin in diamond", Communications Physics (Nature publishing), 2, 74 (2019).

【研究期間と研究経費】

令和2年度—6年度 150,800千円

【ホームページ等】

<http://kosaka-lab.ynu.ac.jp/>