

半導体スピン量子ビットに基づく光子—スピン量子インターフェース

Photon-spin quantum interface based on semiconductor spin qubits

阪大産研 大岩顕

SANKEN, Osaka Univ., Akira Oiwa

E-mail: oiwa@sanken.osaka-u.ac.jp

半導体量子ドットに基づくスピン量子ビットは、電氣的制御性の高さと比較的長いコヒーレンス時間、そして半導体大規模集積化技術との整合の良さから、量子コンピュータの量子ビットの有力な候補として研究開発が活発に進められている。加えて半導体を持つ光デバイスとしての実績から、量子通信への応用にも大きな可能性を持つ。そこで我々は、半導体スピン量子ビットを長距離量子通信のための量子中継器へ応用する研究を行っている[1]。半導体量子ドットを使うことで、通信波長での量子状態変換や中継地点での高忠実度完全ベル測定、電荷検出による伝令など、重要な機能が量子中継器に付加できる[2]。我々はこれまで単一光子の偏光状態から単一スピン状態への量子状態変換を実証し[3]、もつれ光子対から光子—電子対の生成[4]など量子中継器の基盤技術研究を推進してきた。本講演では、フォトリソナノ構造の導入による単一光子から量子ドット中の単一スピンへの変換効率の増大に関する成果を中心に発表する。

これまで単一光子から量子ドット中の単一電子スピンへの変換効率は、希釈冷凍機中の量子ドットへの集光と量子ドットでの光子吸収に制限され 10^{-5} ~ 10^{-4} 程度の値にとどまっていた。そこで量子ドットへの集光の改善では、同心円金属リング構造を持つ量子ドット上の金属マスクの表面プラズモンモードを利用することで、量子ドットへの透過率が 9 倍程度向上したことを観測した[5]。また吸収の改善には、ブルズアイ型共振器を使うことで 400 倍程度の吸収増大が期待できることを示した [6]。講演では、光照射下での量子ドットの安定化や半導体スピン量子ビットの量子中継器への応用の展望なども述べる。

本発表の成果は、理化学研究所 樽茶清悟先生、中島峻先生、筑波大学 都倉康弘先生、東京大学 岩本敏先生、九州大学 木山治樹先生、大阪大学 藤田高史先生、東京都市大 澤野憲太郎先生、ルール大学ボーフム Andreas D. Wieck 先生らのグループとの共同研究で得られました。

[1] A. Oiwa et al., J. Phys. Soc. Jpn. **86**, 011008 (2017).

[2] L. Gaudreau et al., Semicond. Sci. Technol. **32**, 093001 (2017).

[3] K. Kuroyama et al., Phys. Rev. B **99**, 085203 (2019).

[4] K. Kuroyama et al., Sci. Rep. **7**, 16968 (2017).

[5] R. Fukai et al., Appl. Phys. Express **14**, 125001 (2021).

[6] S. Ji et al., Jpn. J. Appl. Phys. **60**, 102003 (2021).