スピン量子情報デバイスに向けたシリコン量子ドットの研究

Silicon Quantum Dots for Spin-Based Quantum Information Devices

○小寺 哲夫（東工大工）

○Tetsuo Kodera (Tokyo Tech.)

E-mail: kodera.t.ac@m.titech.ac.jp

電子スピンを用いたスピン量子情報デバイスの研究は、GaAs 系量子ドットを中心に進められてきた [1-4]。しかし、デコヒーレンスの問題、エレクトロニクス技術との適合性が考慮され、シリコン系への展開が進んでいる。ここ数年での目覚ましい進展は、シリコン微細加工技術の発展と、先行していた GaAs 系において開発された技術や知見の適用が進んだことによる。

シリコン系でのスピン量子情報デバイスに向けた重要なステップとして、単一電子状態の実現、スピン閉塞現象の観測、スピンのシングルショット読み出し[5]、およびスピンの回転操作[6]、などが近年相次いで実現された。我々も、シリコン MOS 構造を利用した量子ドットにおいて、単一電子状態の実現[7]、スピン閉塞現象の観測[8]に成功してきた。また、ごく最近 p チャネルの量子ドットにおいても単一正孔状態[9]やスピン閉塞を示唆する輸送特性を観測した。本構造は、今日のコンピュータプロセッサを構成する MOSFET を作製するための、既存のシリコンテクノロジーを活かすことができる。将来的な量子ビットの集積化に適した構造であると期待されている。

シリコン系のスピン量子情報デバイスに向けた研究はここ１，２年で大きな進展が見られた。特に同位体制御したシリコン系において大きな進捗があった[10]。スピン操作の室温動作も実現されており、スピン量子情報という物理の深耕のみならず、将来的な実用化も期待される。本講演では、主にシリコン MOS 構造を利用したスピン量子情報デバイスの研究動向と、我々の最近の研究について紹介する。

謝辞：本講演で紹介する研究成果は、東京工業大学の小田俊理教授、東京大学の樽茶清悟教授、荒川泰彦教授らとの研究により得られたものです。先生方や研究室の方々には、これまでに多大なご指導、ご支援を頂きました。深く感謝申し上げます。また、本研究を遂行するにあたり、科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業さきがけ、科学研究費補助金（26630151, 26709023），文部科学省イノベーションシステム整備事業の助成を受けました。改めて感謝申し上げます。

[1] K.Ono, et al., Science **297**, 1313 (2002). [2] J. R. Petta, et al., Science **309**, 2180 (2005). [3] F. H. L. Koppens et al., Nature (London) **442**, 766 (2006). [4] T. Kodera, et al., Phys. Rev. Lett. **102**, 146802 (2009). [5] A. Morello et al., Nature (London) **467**, 687 (2010). [6] E. Kawakami et al., Nature Nanotechnology **9**, 666 (2014) [7] K. Horibe, et al., Appl. Phys. Lett. **106**, 083111 (2015). [8] G. Yamahata, et al. Phys. Rev. B **86**, 115322 (2012). [9] K. Yamada, et al., Appl. Phys. Lett. **105**, 113110 (2014). [10] M. Veldhorst, et al., Nature Nanotechnology **9**, 981 (2014).

© 2015年 応用物理学会