スピン軌道相互作用とそのデバイス応用

Spin-orbit interaction and its applications to devices

○新田　淳作（東北大学大学院工学研究科）

○Junsaku Nitta (Graduate School of Engineering, Tohoku University)

E-mail: nitta@material.tohoku.ac.jp

磁気モーメントを持つ電子スピンは磁場とゼーマン効果を通して相互作用するため、主に磁場により制御されてきた。しかしながら、スピン操作を可能にする程度の磁場発生にはインダクタンスの大きな制御線に大電流を流す必要があり、空間的（局所的）、時間的高速な操作ができない。このため電子スピンを新たな情報担体とするには電場によるスピン操作が不可欠である。スピン軌道相互作用は電場中を電子スピンが運動することにより、電場が磁場に変換される相対論的な効果である。また、電場による局所的スピン操作を可能にするとともに省電力で新たなスピン機能をもたらす。これまで半導体ヘテロ構造では電場によって制御可能な Rashba スピン軌道相互作用を用いることにより磁場を一切用いることなく電気的にスピンを生成[1]・制御[2],[3]・検出[4]及びこれらを統合したスピンデバイス[5]が可能になってきた。一方、半導体中のスピン軌道相互作用によるスピン分離エネルギーはせいぜい数 meV 程度であるため室温の熱エネルギーに比べて小さく室温動作させるには、より大きなスピン分離エネルギーを有する半導体ヘテロ構造の設計が望まれる。半導体に比べて、金属表面や金属ヘテロ構造のスピン軌道相互作用は 1 桁以上大きいことが予想されており[6]、このスピン軌道相互作用の強さが電場で制御[7]できれば室温動作可能なスピントランジスタをはじめスピンデバイス応用への新たな展開が期待される。

最近は半導体のみならず磁性体、金属、トポロジカル絶縁体など広範囲な固体物理分野でスピン軌道相互作用の重要性が認識されスピンの関与する新しい現象が発見されるとともに新規なスピン機能が期待されている。マヨラナフェルミオンや磁気スカーミオンのような新奇な準粒子形成、磁壁のカイラリィティだけでなくスピンゼーベック効果やスピン軌道トルク、磁性体の磁化制御にはスピン軌道相互作用が重要な役割を果たしている。講演では、スピン軌道相互作用を用いたデバイスの可能性について議論する。

[1] M. Kohda, *et al.* , Nature Comm. **3**, 2080 (2012).

[2] F. Nagasawa, *et al.* , Nature Comm. **4,** 3526 (2013).

[3] H. Sanada, *et al.* , Nature Phys. **9**, 280 (2013).

[4] J. Wunderlich, *et al.* , Science **330**, 1801 (2010).

[5] P. Chuang, *et al.* , Nature Nanotech. **10**, 35 (2014).

[6] A. Bendounan, *et al.* , Phys. Rev. B**83**, 195427 (2011).

[7] S-J. Gong, *et al.* , Phys. Rev. B**87**, 035403 (2013).

© 2015年 応用物理学会