

【特別推進研究】

理工系（工学）



研究課題名 スピン軌道エンジニアリング

東北大学・大学院工学研究科・教授 新田 淳作 (Jun Sakuma)

研究課題番号：15H05699 研究者番号：00393778

研究分野：総合理工

キーワード：スピントロニクス

【研究の背景・目的】

スピン軌道相互作用は電場中を電子スピンの運動することにより、電場が磁場に変換される相対論的効果である。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氣的にスピンを生成・制御・検出することが可能になってきた。最近で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分野に電場制御可能なスピン軌道相互作用の概念が導入されスピンの関与する新しい現象が発見されている。異種材料のヘテロ界面や表面には強い電場とバンド構造の変調によりスピン軌道相互作用が増強・変調され優れたスピン機能と新奇物性が創製される可能性がある。本研究の目的は、半導体、金属、磁性体、絶縁体またはこれら異種材料ヘテロ構造界面のスピン軌道相互作用に起因したスピン機能の開拓と電場操作スピントロニクスの分野を開拓することにある。

【研究の方法】

(1) スピンオービトロニクス

電氣的スピン生成・制御・検出スピン要素技術と永久スピン旋回状態によるスピン長距離輸送を統合することによりスピン機能デバイス化を進める。

(2) 巨大 Rashba 効果の電場操作開拓

金属/(スピン軌道相互作用の強い重金属)ヘテロ構造や重金属/半導体ヘテロ構造では、半導体ヘテロ構造に比べて、1桁以上大きな巨大 Rashba 効果が角度分解光電子分光により観測されている。弱反局在など伝導測定によるスピン軌道相互作用の起源解明と電場制御を実現し電場操作全金属スピントランジスタの可能性を追求する

(3) 新奇スピン依存電磁場生成

スピン軌道相互作用の空間・時間変化はスピンの働く非可換なゲージ場としてスピン依存磁場、スピン依存電場を生み出す。一方、実験的には未開拓の領域であり相対論的量子力学効果の基本原理解明と新奇スピン機能の開拓を図る。

【期待される成果と意義】

スピンは主に磁場により制御されてきたため、空間的（局所的）、時間的高速な操作ができない。このため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。相対論的な効果であるスピン軌道相互作用は電場による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。このスピン軌道相互作用の概念は、様々な学問

領域、材料の枠を越えて普遍的な効果として認識されつつある。「スピン軌道エンジニアリング」は半導体、金属、磁性体、絶縁体といった従来の材料の枠組みを超えた新しい分野の開拓と省電力スピントロニクスのイノベーションに繋がる。

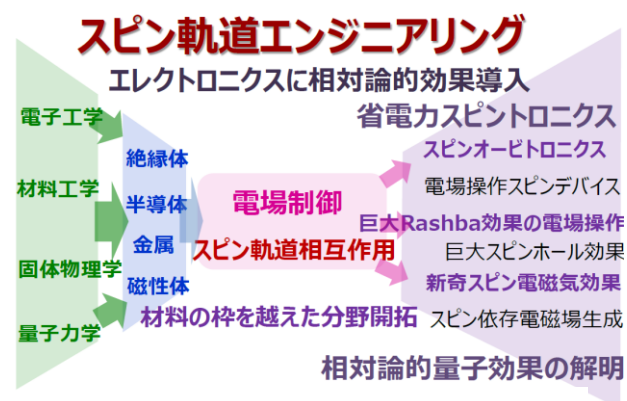


図1. スピン軌道エンジニアリングの概念図

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “Direct determination of spin-orbit interaction coefficients and realization of the persistent spin helix symmetry”, A. Sasaki, S. Nonaka, Y. Kunihashi, M. Kohda, T. Bauernfeind, T. Dollinger, K. Richter, and J. Nitta, *Nature Nanotechnology* **9**, 703-709 (2014)
- “Manipulation of mobile spin coherence using magnetic-field-free electron spin resonance”, H. Sanada, Y. Kunihashi, H. Gotoh, M. Kohda, J. Nitta, P. V. Santos, and T. Sogawa, *Nature Physics* **9**, 280-283 (2013)
- “Control of the spin geometric phase in semiconductor rings”, F. Nagasawa, D. Frustaglia, H. Saarikoski, K. Richter, and J. Nitta, *Nature Communications* **4**, 2526-1-7, (2013)

【研究期間と研究経費】

平成27年度～31年度 445,800千円

【ホームページ等】

<http://www.material.tohoku.ac.jp/~kotaib/nitta@material.tohoku.ac.jp>