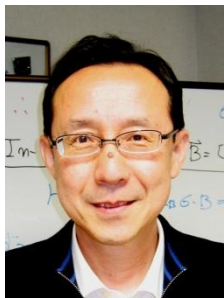


【基盤研究(S)】

理工系 (工学 I)



研究課題名 相対論的効果を用いたスピndeバイスの創製

東北大学・大学院工学研究科・教授

新田 淳作

研究分野：工学

キーワード：スピントロニクス

【研究の背景・目的】

現代のエレクトロニクスは電子の持つ「電荷」の流れを電界制御することによりトランジスタをはじめとするデバイスが構成されている。さらにトンネル効果、二次元電子ガスなど量子効果を用いることにより超高速・低消費電力化が実現されてきた。更なるエレクトロニクスの発展には、電子の持つもうひとつの自由度である「スピン」を情報の担体として電界制御することが望まれる。「スピン」はこれまで磁界により制御されてきたため、空間的（局所的）・時間的高速な制御が出来ない。このため、「スピン」を新たな情報担体とするには、電界でスピン制御する方法を確立することが不可欠である。スピン軌道相互作用は、電子が電界中を高速で運動することにより、電界が磁界に変換される相対論的な効果である。この変換された磁界を用いることにより電子スピンを生成・制御・検出し、新しい原理で動作するスピndeバイスを創製することを目的とする。



図1. エレクトロニクスの発展

【研究の方法】

1. スピン生成・注入の確立

スピン軌道相互作用をゲート電界により空間的に変調し、有効磁界の空間勾配を作ることにより、Stern-Gerlach(SG)効果によるスピンの生成を実現する。さらに、原子レベル制御された磁性体/半導体界面を作製し、半導体中へのスピン注入を行い、半導体中にスピン偏極したキャリアを生成する。磁性体から半導体へのスピン注入は、スピン緩和長の直接計測、スピントランジスタ構造を構成するために不可欠である。

2. スピンコヒーレント電界制御の確立

起源の異なる2つのスピン軌道相互作用を組み合わせることによりスピン緩和の抑制された、永久スピン旋回状態(Persistent Spin Helix, PSH)の電界制御を実現する。

3. スピン検出・選別の確立

スピン軌道相互作用に起因するスピンホール効果や SG スピンフィルターを用いた電氣的スピン検出方法を確立する。さらに、スピン生成・スピニコヒーレント電界制御・スピン検出を組み合わせたスピン機能デバイス化を図る。

【期待される成果と意義】

エレクトロニクスに相対論的な効果であるスピン軌道相互作用を導入することにより、電界によるスピン生成・制御・検出機能がもたらされる新たな原理で動作するエレクトロニクスが可能となる。学術的には反転対称性の破れに起因したスピン軌道相互作用の起源とスピンの電界応答に関する相対論的量子効果の基本原理解明に貢献することが出来る。

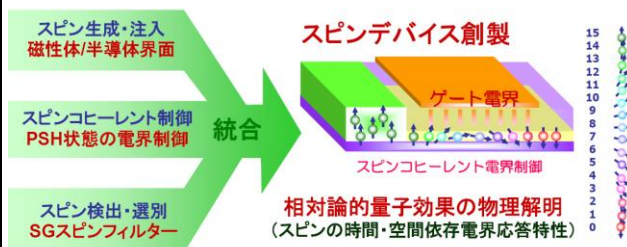


図2 相対論的エレクトロニクスの概念図

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ Y. Kunihashi, M. Kohda, and J. Nitta, "Enhancement of Spin Lifetime in Gate-Fitted InGaAs Narrow Wires", Phys. Rev. Lett. **102**, 226601 1-4 (2009).
- ・ M. Scheid, M. Kohda, Y. Kunihashi, K. Richter, and J. Nitta, "All-Electrical Detection of the Relative Strength of Rashba and Dresselhaus Spin-Orbit Interaction in Quantum Wires", Phys. Rev. Lett. **101**, 266401 1-4 (2008).

【研究期間と研究経費】

平成22年度-26年度
167,000千円

【ホームページ等】

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