

平成 22 年 4 月 21 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19048027

研究課題名（和文） 逆スピントロニクス効果の微視的理論と応用

研究課題名（英文） Microscopic theory of the Inverse Spin Hall effect

研究代表者

多々良 源

首都大学東京・理工学研究科・准教授

研究者番号：10271529

研究分野：物性理論

科研費の分科・細目：物性 II

キーワード：

1) スピントロニクス 2) 磁気抵抗 3) スピン軌道

1. 研究計画の概要

近年、スピン偏極電流による磁化反転が非常に興味を持たれ積極的に研究されている。それにより電流が磁化配置に与えるトルクや力について理論理解は急速に進んでいる。本研究では磁化構造ダイナミクスから生じるスピン流と電流の理論的評価を行う。具体的な課題としては、強磁性接合において磁化から生じるスピン流と電流、磁壁ダイナミクスから生じるスピン流と電流、磁壁ダイナミクスから生じるスピン流と電流の2つである。接合については、2つの強磁性体（薄膜）の間に薄い常磁性金属薄膜をはさんだ構造を考え、その際に生じるスピン流を何らかの形で電流に変換する可能性を探る。これにはスピン軌道相互作用を導入して、スピントロニクス効果の逆作用である逆スピントロニクス効果を用いれば可能である。磁壁ダイナミクスによる効果については微視的理解を目標とする。

2. 研究の進捗状況

本研究課題ではスピン輸送の問題を、多体量子場の理論から定式化し、信頼性のある解析と予言を行うことに成功した。スピン流の生成、検出の過程及びスピン緩和過程を微視的立場から明らかにした。

逆スピントロニクス効果を金属中の不純物によるスピン軌道相互作用の場合を考え解析を行った。電子の拡散による vertex 補正を Green 関数を用いて正しく考慮し、電流の保存則を満たした計算である。その結果、確か

に磁化ダイナミクスから生じる電流があることがわかり、一部は局所的な寄与、つまり有効電場からの寄与で、残りは不均一電荷分布の誘起に伴う拡散的な電流と解釈されることがわかった。また、スピントロニクス効果によって生じるスピン流が、有効場により駆動されているのかどうかについても微視的解析を進め、その結果通常の状態では有効場の寄与は小さく、むしろ電子の拡散運動でスピン密度が伝搬することで生じるスピン流が主であることが明らかになった。すると強磁性体非磁性体の接合において大きなスピン流を得るためには、界面でのスピン密度を効率よく制御すればよいことになる。スピン流制御においてこの点は非常に重要である。

3. 現在までの達成度

(2) おおむね順調に進展している

以上のように、当初予定していた課題はほぼすべて解決することができた。研究過程で重要な発展課題もいくつか見つかかり、既にそれらにも取り組んでいる。本研究によりスピントロニクス現象の本質であるスピン輸送の枠組みが構築され、今後の実験的研究や応用に強力な基盤を与えることとなると期待される。

4. 今後の研究の推進方策

本研究で得られた理解を統合し、完全なスピンの輸送方程式を構築することができるが、これに基づきスピン流から測定可能な物理量への変換公式を曖昧性なく導出する。これらにより、物理場である電磁気的場を入力とし、スピン流現象を利用して新たな電流磁気現象を生み出す可能性を開拓する。

本研究で理論的な理解は本質的な部分は明らかにされたが、得られた成果を元に実験的にスピン流の特性（特に、駆動場による部分と拡散部分の分離）を進めることが、スピン輸送の理解と応用に緊急の課題である。

5. 代表的な研究成果
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

[1] Diffusive versus local spin currents in dynamic spin pumping systems

Akihito Takeuchi, Kazuhiro Hosono, Gen Tatara Phys. Rev. B 81, 144405(1-12) (2010).

[2] Perturbation theory of the dynamic inverse spin Hall effect with charge conservation

Kazuhiro Hosono, Akihito Takeuchi, and Gen Tatara J. Phys. Soc. Jpn. 79 014708 (1-8) (2010).

[3] Microscopic Approach to Current-driven Domain Wall Dynamics

Gen Tatara, Hiroshi Kohno and Junya Shibata Phys. Rep., 468, 213-301 (2008).

[4] Charge current driven by spin dynamics in disordered Rashba spin-orbit system

Jun-ichiro Ohe, Akihito Takeuchi and Gen Tatara Phys. Rev. Lett. 99, 266603-1-266603-4 (2007).

[学会発表] (計 5 件)

学会や国際会議の招待講演(主要なもの)

1. Gen Tatara Novel magneto-electric effects : Current-induced domain wall motion and inverse spin Hall effect JST-EPSRC Workshop (Cambridge, 2010/02/15-19)

2. G. Tatara Current pumped by magnetization dynamics - Dynamic inverse spin Hall effect International workshop " Spin Caloritronics" , Lorentz center, Leiden Univ, the Netherlands, 9 - 13 Feb. 2009.

3. G. Tatara Novel magneto-electric effect : Current-induced domain wall motion and inverse spin Hall effect International Workshop on Advances in Spintronic Materials:Theory and Experiment, Duisburg, Germany, November 26-28, 2008.

4. Gen Tatara Novel magneto-electric effect : Current-induced domain wall motion and inverse spin Hall effect 3rd Indo-Japan Conference on Ferroics and Multiferroics, (DST-JSPS Program), 4-6 February 2008, Kolkata, India.

5. Gen Tatara Novel magneto-electric effects : Current-driven magnetization dynamics and inverse spin Hall effect Euroscience Foundation projects " Fundamental of Nanoelectronics " , December 10-13 2007, Naples, Italy.

[図書] (計 1 件)

多々良源 スピントロニクス理論の基礎 培風館
2009年10月30日 221p