

研究種目： 特定領域研究
研究期間： 2007 ~ 2010
課題番号： 19048022
研究課題名（和文） ナノヘテロ構造におけるスピン注入とスピン蓄積の理論

研究課題名（英文） Theory of spin injection and spin accumulation in nano-hetero structures

研究代表者

井上 順一郎 (INOUE JUNICHIRO)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号： 60115532

研究分野： 物性理論, スピントロニクス

科研費の分科・細目： 物理学・物性 II

キーワード： 強磁性半導体接合、スピン注入、スピン分極率、スピンホール効果、強磁性体グラフェン接合、ハーフメタル、層間交換結合

1. 研究計画の概要

磁性と伝導に関わるスピントロニクス分野における重要なキーワードは、「磁場による電流制御」と「電流による磁性制御」である。本研究では、スピン偏極電流（スピン流）注入によるスピン制御効果の理論的解明を目的とし、次の研究遂行を計画する。

- (1) 強磁性体/GaAs トンネル接合におけるスピン注入の計算を実行し、高効率のスピン注入が実現される条件を明らかにする。
- (2) 大きなスピン軌道相互作用を有する金属におけるスピンホール効果の機構を解明する。
- (3) 新奇な物質であるグラフェンを用いた強磁性接合における伝導現象の特徴を明らかにする。
- (4) 強磁性トンネル接合におけるスピン注入トルクの計算を行い、TMR との関連を明らかにする。

2. 研究の進捗状況

現実的電子状態を取り入れて電気伝導度、ホール伝導度、トンネル伝導のスピン分極率などの計算を行なっている点が研究の特色である。ハーフメタル接合では、第一原理計算を採用している。現実的モデルによる計算であるため、実験結果との定量的比較が可能となる。

得られた研究成果は以下のとおりである。

(1) 強磁性体/半導体接合、とくにショットキー障壁のある Fe/GaAs と Fe/GaAs/Fe 接合におけるトンネル電流のスピン分極率の電圧依存性を計算した。その結果、電圧によりスピン分極率が大きく変化し、電圧によるスピン分極率の制御が可能であることを明らかにした。

(2) 遷移金属のスピンホール効果に対し、現実的電子構造を取り入れた計算を行った。半導体と比較して桁違いのスピンホール伝導度が得られており、これらの値は実験から推定される値を説明するものとなっている。軌道のダイナミクスがスピンホール効果の機構に関して重要となることも明らかになった。

(3) 強磁性とグラフェン接合系における磁気抵抗効果を計算し、その効果が、強磁性層とグラフェン層の接合によるディラック点のシフトによって出現することを明らかにした。また、強磁性体として FeCo や FeCr 合金を用いると、磁気抵抗効果が非常に大きくなることを示した。

(4) ハーフメタルである Co₂MnSi(CMS)からなる3層膜 CMS/Cr/CMS における電子状態と磁気状態を第一原理計算手法により計算した。その結果、Co と Cr の磁気モーメントは平行に、Mn と Cr

の磁気モーメントは反平行に配列するため、接合界面の乱れにより特異な層間交換結合が可能となることを指摘した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

研究目的に記載した(1)~(3)は予想以上の結果が得られ、全体として、おおむね順調である。

4. 今後の研究の推進方策

研究目的(4)の達成を図る。同時に研究全体の総括を行い、今後の研究に対する展望をまとめる。

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 2 2 件)

1. Bias dependence of spin-polarized tunnel current through Fe/GaAs and Fe/GaAs/Fe junctions, S. Honda, H. Itoh, and J. Inoue,

J. Phys. D: Appl. Phys. **43**, 135002~135012 (2010) 査読有.

2. Anomalous and spin Hall effects in magnetic granular films,

J. Inoue, T. Tanaka, and H. Kontani, Phys. Rev. B **80**, 020405(R)-1~4 (2009) 査読有.

3. Giant Orbital Hall effect in transition metals: origin of large spin and anomalous Hall effects, H. Kontani, T. Tanaka, D. S. Hirashima, K. Yamada, and J. Inoue. Phys. Rev. Lett. **102**,

016601-1~4 (2009) 査読有.

4. Giant Intrinsic Spin and Orbital Hall Effects in Sr₂MO₄ (M=Ru, Rh, Mo), H. Kontani, T. Tanaka, D. S. Hirashima, K. Yamada and J. Inoue, Phys. Rev. Lett., **100**, 096601-1~4 (2008) 査読有.

5. Spin polarization control through resonant states in an Fe/GaAs Schottky barrier, S. Honda, H. Itoh, J. Inoue, H. Kurebayashi, T. Trypiniotis, C. H. W. Barnes, A. Hirohata, and J. A. C. Bland,

Phys. Rev. B **78**, 245316-1~6 (2008) 査読有.

[学会発表] (計 4 5 件)

[図書] (計 3 件)