

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19048008

研究課題名（和文） スピン流と光物性調整班

研究課題名（英文） Spin current and optical properties of physics

研究代表者

大野 裕三 (OHNO YUZO)

東北大学・電気通信研究所・准教授

研究者番号：00282012

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物性・結晶工学

キーワード：スピン流，スピン・軌道相互作用，強磁性半導体，半導体量子構造，強磁性共鳴，スピンホール効果，金属多層膜，半導体光物性

1. 研究計画の概要

本特定領域における研究項目 A03「スピン流と光物性」では、さまざまな物質における光スピン流との相関を実験的に明らかにし、それを統一的に理解する光・スピン流結合理論を構築することを目標とし、代表者・分担者はそれぞれ担当する研究の動向調査を行い、相互の情報交換、共同研究を促進させる。

具体的には、(括弧内は分担者)

(1) 半導体量子構造における光と核スピン間の相関を中心に、半導体量子構造における光・スピン物性研究の動向調査を行い、光とスピン流との相関に関する新物性・新機能の発現とその理論解明に向けた研究計画を策定する。(大野)

(2) 強磁性半導体における光磁化の解明と制御について、関連する研究動向調査を行い、理論と実験研究との間の情報交換を促進させる。(宗片)

(3) 金属系多層膜におけるスピン流と磁気緩和の光学的検出について、関連する研究動向調査を行い、理論研究と実験研究との間の情報交換を促進させる。(安藤)

(4) 実験グループとの連携により、新物性の定量的解析を行うと同時に、光・電子スピン結合の理論に関して研究動向調査を行い、情報交換や共同研究の促進を行い実験条件等の指針を提示する。(永長)

2. 研究の進捗状況

各計画研究課題における進捗状況は以下の通りである。

(1) 半導体量子構造における核スピンの光

制御・検出

顕微光学測定システムの整備および磁気共鳴を応用したパルス制御による半導体中の核スピン操作の光検出についてはほぼ計画通りに研究が進捗した。また、ゲート電圧により電子密度やg因子など電子状態が変調可能で核スピンとスピン流との相互作用の強さを制御可能な半導体量子ナノ構造デバイスの作製・評価も順調に進展している。

(2) 強磁性半導体における光磁化の解明と制御

強磁性半導体における磁化才差運動については、発生機構とその制御に向けた研究が順調に進展した。また、複数パルス光で磁化運動のコヒーレント制御を実現した。さらに、金属層と(Ga,Mn)As層の界面を介した近接効果による光励起才差運動を実験的に調べ、金属層厚の増加とともに有効磁場は減少し、磁化ダンピングが増加することがわかった。

(3) 金属多層膜系におけるスピン流と磁気緩和の光学的検出

高品位薄膜およびトンネル接合の作製、ポンププローブ法によるスピンドイナミクス検出装置の構築に関しては順調に進んでいる。特に強磁性共鳴によるスピン流の生成と磁気緩和については、強磁性体内の横スピン侵入長を見積もることに成功できた点は予想以上の成果であり、スピン注入磁化反転を用いた磁気メモリを初めとする様々なデバイスの設計に関わる根本的な情報であるため大変注目されることとなった。

(4) 光・電子スピン結合の理論

本特定領域発足後発生した重要で緊急性

が高いテーマを優先して研究を進めた。特に金属系におけるスピンホール効果を重点理論課題として取り上げ、定量的研究を完成させた。一方、当初の計画のうち、「スピン流の光学的検出」に関しては、反転対称性の破れが表面や不均一性などによっても生じることから、それに起因する信号と区別することが困難であることが分かってきた。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

2. に記述したように、各分担者の計画研究課題については、概ね計画通り進捗し目標を達成しつつある。また、いくつかの研究課題については、計画時に予期した以上の成果を達成したものもある。連携については、領域の他の班のグループとの連携で顕著な成果も上げられつつある一方、班内の連携はまだ十分な成果に結びついていない。今後、班内における実験・理論グループの間での連携による実を上げていく必要がある。

4. 今後の研究の推進方策

最終年度である平成 22 年度も引き続き、各分担者は各研究計画に従い研究目標に向けて研究を推進するとともに、班内における実験・理論グループの間での連携による実を上げていく。

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 24 件)

1. Hosho Katsura, Naoto Nagaosa, and Patrick A. Lee, "Theory of the Thermal Hall Effect in Quantum Magnets," Phys. Rev. Lett. 103, 266402(1)-(4) (2010). (査読有)
2. Y. Kondo, M. Ono, S. Matsuzaka, K. Morita, H. Sanada, Y. Ohno, and H. Ohno, "Multipulse operation and optical detection of nuclear spin coherence in a GaAs/AlGaAs quantum well," Phys. Rev. Lett. 101, 207601(1)-(4) (2008). (査読有)
3. Y. Hashimoto, S. Kobayashi, and H. Munekata, "Photo-induced precession of magnetization in ferromagnetic (Ga,Mn)As," Phys. Rev. Lett. 100, 067202(1)-(4) (2008). (査読有)

[学会発表] (計 21 件)

1. 安藤 康夫, Lixian Jiang, 永沼 博, 大兼 幹彦, "MgO 二重障壁強磁性トンネル接合における巨大磁気抵抗効果 (招待講演)," 春季第 57 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 平成 22 年 3 月 18 日.
2. Naoto Nagaosa, "Topological

superconductors -- edge channels and spin transport (招待講演)," Gordon Research Conferences, Hong Kong, July 9, 2009.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ

<http://ssc1.kuicr.kyoto-u.ac.jp/~tokutei/>