

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 小川 祐巨

論 文 題 目

動的格子変形によるスピン流および軌道流生成の微視的理論

論文審査担当者

主 査	名古屋大学 大学院理学研究科	教授	理学博士	河野 浩
委 員	名古屋大学 大学院理学研究科	教授	博士(理学)	宮崎 州正
委 員	名古屋大学 大学院理学研究科	教授	博士(工学)	谷山 智康
委 員	東京大学 大学院理学研究科	准教授	PhD	林 将光
委 員	名古屋大学 大学院理学研究科	講師	博士(理学)	山影 相

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

スピン角運動量の流れであるスピン流を利用してエレクトロニクスの革新を図るスピントロニクス分野では、スピン流の新たな生成法の探索も重要な課題である。また最近では、軌道角運動量の流れである軌道流も注目され始め、軌道流の新たな生成法の探索も重要なテーマになりつつある。

スピン流の生成法としては、これまでに電氣的、磁氣的、熱的な方法が確立している。近年、液体金属のせん断流や固体の表面弾性波など物質の運動を利用した方法が提案・実現され、力学的生成法として注目されている。その機構として、回転座標系で生じる有効磁場や、種々のスピン軌道相互作用 (SOI) を介したものが提案されている。しかし、これらの理論とは異なる SOI を介した機構の存在を示唆する実験も報告されるなど、SOI を介した力学的スピン流生成機構の解明は重要な課題となっている。申請者は、固体の動的格子変形の効果入微的に定式化し、それによりスピン流が生成される過程を理論的に調べた。さらに、その手法を用いて軌道流の生成過程を調べた。

まず、Rashba 型とよばれる有効 SOI が現れる空間反転対称性が破れた系 (Rashba 系) において、格子歪みの効果を入微的に定式化した。先行研究では、Rashba 型 SOI をもつ自由電子モデルから出発して格子歪みの効果は局所座標変換により取り扱われていた。申請者は、Rashba 型 SOI はパリティの異なる軌道間の混成という多軌道特性を反映した有効ハミルトニアンとして導かれることに留意して、3次元正方格子上の sp 軌道の強束縛モデルから出発した。格子歪みの効果は、電子の跳び移り積分の変調と空間反転の結晶軸の局所的回転を通して取り入れた。得られた有効摂動ハミルトニアンに基づいて、動的格子歪みに誘起されるスピン流を計算し、先行研究では現れなかったスピン流が生成されることを見出した。また、空間反転対称性のある系についても、3次元正方格子上の p_x , p_y 軌道の強束縛モデルを用いて同様の解析を行い、動的格子歪みの勾配に比例してスピン流が生成されることを示した。

さらに、上記方法を軌道流に適用し、その力学的生成を調べた。軌道流の電氣的生成法である軌道ホール効果は SOI を必要としない一方で軌道混成を必要とすることを踏まえて、積層した三角格子を採用して SOI の無い p_x , p_y 軌道の強束縛モデルを解析し、動的格子歪みの勾配に比例して軌道流が生成されることを見出した。

以上、申請者は、軌道の自由度を考慮した強束縛モデルに基づいて格子歪みの効果を入微的に定式化し、動的格子変形によるスピン流・軌道流の生成を理論的に調べた。SOI を介したスピン流生成について、Rashba 系では非従来型の多様なスピン流が生成されること、空間反転対称な系では、空間勾配の次数が高いスピン流が生成されることを明らかにした。軌道流についても、力学的に生成されることを示した。これらは、スピントロニクスにおけるスピン流および軌道流の新しい生成機構を提案するものとして評価できる。また、動的格子変形の効果の入微的定式化を提案するものとしても評価できる。以上の理由により、申請者は博士 (理学) の学位を授与されるに相応しいと認められる。