

別紙 1-1

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 船戸 匠

論 文 題 目

スピン軌道相互作用を介した力学的スピン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	慶應義塾大学大学院理工学研究科	教 授	博士(理学)	能崎 幸雄
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	酒井 忠勝

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

電子の電荷だけでなくスピンの活用を目指すスピントロニクスにおいて、電子スピンの流れであるスピン流は磁化反転などの物理現象を通じて工学的な応用が期待されている。いかにしてスピン流を生み出すかという課題は、この分野の基礎および応用研究における重要問題のひとつである。

近年、回転や渦などの力学運動に伴う角運動量を電子のスピン角運動量に変換することによってスピン流を生成する試みが行われている。その背後にある物理的な機構として、回転する電子系に乗った非慣性系に現れる有効磁場とスピンの結合（スピン・回転結合）が提案されている。この機構の注目すべき点は、非磁性体におけるスピン流生成に不可欠と考えられてきたスピン軌道相互作用（SOI）を必要としないため、幅広い物質を舞台にスピン流生成を可能にすることにある。一方、より効率的なスピン流生成という観点からは、SOI の強い物質の方が有利であると期待される。しかし、SOI に着目した力学的スピン流生成の研究はあまり行われてこなかった。

申請者は、力学的なスピン流生成に対する SOI の効果について微視的な解析を行なった。具体的には、不純物の持つ外因性 SOI もしくは空間反転対称性の破れた系に現れるラシュバ型 SOI の存在する自由電子系を考え、動的格子歪みに対するスピン密度およびスピン流密度の応答を線形応答理論に基づいて計算した。外因性 SOI を介する機構は、動的格子歪みによって生じた電流または拡散電流がスピンホール効果によってスピン流へ変換される機構、および動的格子歪みによって生じたスピン密度が拡散する機構があることを示した。一方、ラシュバ型 SOI を介する場合は、スピンホール効果など既に知られている効果を介する機構のほかに、格子運動から直接スピン流が生成される機構を見出した。いずれの場合も、スピン・回転結合によるものと同程度の、実験的に観測可能な大きさのスピン流が生じ得ることを示した。

また申請者は、電子の渦運動からスピンへの角運動量移行の別例として、自然酸化した金属などの不均質系で生じる電子の剪断流によるスピン流生成について解析した。不均質な分布をもつスピン軌道不純物の散乱を受ける自由電子系において、電場に対するスピン密度およびスピン流密度の応答を線形応答理論に基づいて計算した。その結果、SOI を介した有効的なスピン・回転結合が現れることを見出した。また、不均質系においてスピン密度およびスピン流密度の満たす一般的なスピン拡散方程式を導出し、それに基づく現象論的な解析を行なった結果、不均質性によって、より大きなスピン密度が生じうることを示した。

本論文では、SOI を介した力学的スピン流生成機構がいくつかの状況設定で理論的に調べられ、電流やスピン密度の生成に伴うスピンホール効果や拡散など既知の過程の他に、スピン流が直接生成される機構が見出された。また、定量的にも実験で観測できる可能性があることを見出した。これらは、申請者が従来の機構であるスピン・回転結合にとらわれることなく、SOI という新たな制御軸を導入したことにより得られた成果であり、高く評価できる。参考論文は、外因性 SOI による同効果の初報、および強磁性/重金属2層系に関する研究であり、価値がある。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。