

論文審査の結果の要旨

氏名 井土宏

本論文では、強磁性（パーマロイ ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) および $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$) ナノ細線と非磁性（銀およびマグネシウム）ナノ細線から成る面内スピバルブ構造を用いた非局所スピン注入により非磁性細線中に誘起される純スピン流の物性に関する実験研究について纏めたものである。7章からなり、第1章においては論文の趣旨と導入、第2章においては純スピン流やスピン蓄積と言ったスピン輸送に関わる現象を理解するために必要となる基礎理論、第3章では強磁性ナノ細線構造を有する面内スピバルブ素子の作製手法とスピン伝導の測定手法、第4章では面内スピバルブ構造におけるスピン蓄積の増強効果について、第5章では非磁性細線中に生成された純スピン流の緩和に関する実験とその機構の解明、第6章では拡散伝導する集団スピンの歳差運動についての実験とその機構の解明、最終章では全体の総括と今後の展望が述べられている。

博士論文において、井土宏氏は精緻な実験と測定結果の詳細な解析から得た効率的な純スピン流の生成及び検出手法あるいはそのダイナミクスの定量的解析法を用いて、今後のスピントロニクス分野の発展に資する以下に述べる4つの重要な成果を得ている。

- (1) 強磁性パーマロイ細線と銀細線の接合部に挿入した界面層の抵抗とスピン注入効率に関して詳細な実験及び理論解析を行い、 MgO 界面層を挿入することにより注入あるいは検出端子へのスピン吸収効果を低減し、スピン蓄積信号を従来に比べて100倍以上の $225 \mu\text{V}$ まで増大できることを見出した。これにより長距離スピン伝導を検出することが容易になった。
- (2) 上述のスピン蓄積の増強効果に加えて、二つの強磁性スピン注入端子を用いることで、さらにスピン蓄積信号を3.2倍増強することに成功した。これにより10ミクロンに及ぶ長距離スピン伝導を実現し、集団スピンを歳差運動させて 2π 回転させることに成功した。さらに歳差運動に伴うスピン蓄積信号変化の振幅の比から集団歳差運動の位相コヒーレンスを定義して実験結果をスピン拡散長で規格化されたスピン伝播距離で整理する新しい解析手法を考案した。この解析により、拡散伝導として記述される集団スピンの歳差運動の位相コヒーレンスは物質に依存しない普遍的な曲線上に乗ることを明らかにした。
- (3) 銀中を拡散伝導するスピンの緩和機構を詳細に調べ、スピン軌道相互作用を媒介としてスピン反転散乱を引き起こす Elliott-Yafet 機構が主な緩和機構であることを見出した。また、緩和時間の温度依存性をスピン蓄積信号の温度変化から求め、スピン軌道相互作用分裂で規格化する Monod-Beuneu プロットを用いると、これまでに電子

スピン共鳴実験から求められた結果を補完するように銀を含む一価金属が全て同じ曲線上に乗ることを実験的に示した。

- (4) 集団スピンの歳差運動を通じて 2π 回転することを利用してフーリエ解析を行うことによりスピンの伝播時間の分布関数を決定する解析手法を考案した。この方法を用いることで従来説明の困難であったオーム性接合のスピンバルブの分布関数が、スピン吸収効果のためにトンネル接合を有するスピンバルブとは大きく異なることを実験的に解明した。さらに、この両者の違いを説明する理論モデルを構築して、スピン注入の接合種類に依存しない物質定数としてスピン緩和時間を求める手法を確立した。

なお、上述した研究成果は論文提出者の井土宏氏が主体となって行った研究から得られたもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上、本博士論文は、面内スピンバルブにおける静的及び動的スピン輸送に関して多くの解析手法を提案し、スピン伝導物性に関する定量的な議論を行うことを可能にした。このことは、今後の純スピン流に関する研究のさらなる発展を促し、物質科学の発展に十分寄与するとみなせる。よって、井土宏氏の学位論文の論文審査の結果、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1628 字