

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲/乙第 号	氏 名	洞口 泰輔
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 能崎 幸雄
	副査	慶應義塾大学教授	理学博士 江藤 幹雄
		慶應義塾大学教授	博士(理学) 渡邊 紳一
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 安藤 和也
(論文審査の要旨)			
<p>学士(理学), 修士(理学)洞口泰輔君提出の学位請求論文は, 「ホモダイン検波法によるスピントルク検出の高精度化に関する研究」と題し, 全7章より構成されている。スピントルクとは, 伝導電子と局在電子の間でスピン角運動量を授受することにより, 強磁性体の磁化を回転させる機構であり, 高速・省電力な不揮発磁気メモリや論理演算素子への応用が期待されている。本論文では, スピントルクの定量評価に広く用いられるホモダイン検波法によるスピントルク検出に焦点を当て, その整流電圧スペクトルに含まれる様々なアーティファクト信号を定量化することにより, スピントルク測定を高精度化する研究を行った。</p> <p>第1章は序論であり, スピントルクの概要とその検出に関する先行研究の背景と課題, 本論文の目的が述べられている。第2章では, ホモダイン検波法によるスピントルク検出に関する基礎理論がまとめられている。第3章では, 素子作製の方法と測定原理がまとめられている。</p> <p>第4章では, 磁気渦対の連成振動をホモダイン検波法により検出し, 非一様な磁気構造に発生する非断熱スピントルクを高精度に見積もる手法を実証した。磁気渦対には, 渦中心の重心運動と相対運動の組み合わせにより固有周波数の異なる4種類の連成振動モードが存在し, 面内2方向のスピントルク, あるいは磁場トルクとそれぞれ結合する。そのため, スピントルクと磁場トルクを周波数領域で分離できる系として注目されていたが, 連成振動モード実現に必要な対称性の良い磁気渦対の形成がこれまで困難だった。本論文では, 強磁性 Ni-Fe 薄膜をひょうたん型に微細加工し, 磁気渦対の中央に現れるダイヤモンド型磁区をピン止めすることにより, 再現性良く連成振動モードを励起することに成功した。さらに, 得られた連成振動モードの整流電圧スペクトルの強度と固有周波数から非断熱スピントルクを見積もることができること, および磁気渦対のコア半径を変化させることにより, 起源の異なる3種類の非断熱スピントルクを分離できる可能性を示した。</p> <p>第5章では, 外部スピン流が一様な磁気構造に作用する場合のスピントルクを測定するスピントルク強磁性共鳴(ST-FMR)法の高精度化について述べている。この方法では, 整流電圧スペクトルの対称・反対称成分の強度比から, スピントルク効率ξ_{FMR}を求める。一方, スピン流生成に用いる電流が作る面直磁場成分も対称・反対称成分の強度比に影響を与えるため, これがξ_{FMR}の不確かさを生む。本論文では, 整流電圧スペクトルの外部磁場印加角依存性を詳細に分析することにより, 面直磁場成分が無視できない場合でもξ_{FMR}を高精度に決定できることを実証した。さらに, 従来のアーティファクト効果では説明できない低周波領域での整流電圧スペクトルの増大を発見し, 正確なξ_{FMR}の決定に必要な周波数条件を明らかにした。</p> <p>第6章では, 第5章で開発した手法を用いて, 電気伝導率がナノメートルスケールで傾斜した Si/Al 接合界面が作るスピン流によるスピントルクを測定した。その結果, スピン軌道相互作用(SOI)が弱い Si と Al を用いているにもかかわらず, 代表的な強 SOI 材料である Pt の3倍以上のスピントルクが発生することを発見した。また, スピントルク効率は, Si/Al 界面の傾斜幅減少に伴い増加する一方, 傾斜幅ゼロの界面では急減することが分かった。さらに, SOI に由来するスピンホール効果とは異なり, 電流とスピン流の変換が極めて非相対的であることを発見した。これらは, Si/Al 傾斜材料がスピンホール効果とは異なる機構によりスピン流を生成することを示唆しており, スピン流生成材料の開発に大きく貢献する成果である。</p> <p>第7章では, 本論文の結果をまとめて結論を述べている。</p> <p>以上, 本博士論文はナノスケール磁性体の非線形磁化ダイナミクスの高効率な励起, 検出, 制御に関する新規の知見を得たものであり, スピントロニクス基礎物理, 工学応用に大きく貢献するものである。よって, 本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査委員会で試問を行い, 当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また, 語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した。</p>		