

氏名(本籍)	諸 ^{もろ} 田 ^た 美砂子 ^{みさこ} (茨城県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第5282号		
学位授与年月日	平成22年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	スピン流による磁化反転とその生成法		
主査	筑波大学教授	工学博士	喜多英治
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	藤田淳一
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	末益崇
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	湯浅新治
副査	東京大学物性研教授	理学博士	大谷義近

論文の内容の要旨

巨大磁気抵抗効果(GMR)の発見に引き続き、トンネル磁気抵抗効果(TMR)の研究が発端となり、磁性体研究の主役であるスピンの重要性が認識され、微細加工技術を活用したスピンと電気伝導の関係に着目した研究に注目が集まっている。このようなスピン依存電気伝導を理解するため最近『スピン流』と言う考え方が導入された。このスピン流は電荷の流れを電流と定義したと同様にスピンの一方向への流れとして定義され、スピンを用いた信号の伝達・制御に重要な役割を担い、スピントロニクス素子を考えるにあたって、重要な物理量として認識されている。スピン流には、電流を伴うスピン偏極電流と電流を伴わない純スピン流があり、この両方を包括してスピン流としている。近年、スピン流を用いた磁化の操作手段として、スピン注入磁化反転の磁気記録への応用が盛んに研究されている。これは、伝導電子スピンと局在電子スピンの間に働くスピントルクによる磁化方向の制御技術で、従来の電流誘導磁界による磁化反転に比べ、漏れ磁界や熱損失の問題を低減できるなど、磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)実現において極めて有効な技術である。また最近では、スピンホール効果と呼ばれる現象により非磁性金属中にスピン流を誘起する方法が精力的に研究されており、電流をスピン流に変換する新たなタイプのスピン流の生成法として注目を集めている。次世代スピントロニクスデバイスでは、低電力、高効率キーワードであり、実現のためには、いかに効率良くスピン流を生成し制御できるかが最重要課題となっている。本研究は、スピン流による磁化方向の制御技術であるスピン注入磁化反転、および新たなスピン流の生成法を提供するスピンホール効果を主な研究対象としている。

まずスピン流を用いた磁化の操作の研究として、MgO-MTJにおけるスピン注入磁化反転の反転電流の分散の電流パルス幅依存性をパルス幅 $5\mu\text{s} \sim 100\text{ms}$ の間で調べた。その結果、このパルス幅の領域では反転電流の分散はパルス幅に応じてほとんど変化しないことがわかった。さらに、1種類のパルス幅における反転電流の分散から反転電流の臨界電流値と熱安定性指数を見積もったところ、パルス幅依存性から見積もった値とほぼ一致した。これは、1種類のパルス幅で臨界電流値と熱安定性指数を見積もることが可能であることを示しており、素子のパラメータを簡便に見積もる方法として有効である。

スピン流の新しい生成法の研究として、金属系におけるスピンホール効果の起源を調べるため4d、5d遷

移金属及び CuIr 合金を用いてスピホール効果の観測を行った。4d、5d 遷移金属のスピホール効果の観測から、観測されたスピホール信号の符号が d 電子の数によって変化することがわかった。これにより、観測されたスピホール効果が内因的要因により引き起こされることが示唆された。また、CuIr 合金においてもスピホール効果が観測された。これにより、Cu に添加された Ir によって、外因的スピホール効果が引き起こされることが示された。このことは、不純物の濃度や物質を変えることによりスピホール効果が操作・制御可能であることを意味しており、今後の高効率なスピ流生成物質の探索に指針を与えるものである。

審 査 の 結 果 の 要 旨

諸田氏の博士論文では、電子の持つスピンと電荷、双方が密接に関係する新しい伝導現象「スピントロニクス」に関する二つの現象を扱っている。一つは強磁性トンネル接合素子において伝導電子が強磁性体の局在スピンの磁化反転にどのように関わっているか、電流のパルス幅を変化させて磁化反転が生じる電流閾値を計測し、その分散から熱安定指数を見積もった。パルス幅を変化させても、この値はほぼ一定でありこの手法の有効性を証明した。

またスピホール効果も現在、盛んに研究が行われている分野で、その全貌を明らかにするため多くの研究がなされている。諸田氏の二番目の研究は、スピホール効果への 4d5d 遷移金属の寄与を検討したものである。まず Mo や Pt 等のスピン吸収の効果を検証し、理論との比較を行った。また従来行われてきた磁性原子のホール効果への寄与を扱った合金系での実験手法を元に、CuIr 合金を用いてスピホール効果へ適用し、重元素の寄与を明らかにした。

これらの研究成果は、現在研究の高まりを見せているスピントロニクス研究に関し、基礎・応用の双方の観点から価値の高いものであり、高く評価でき、その発展に寄与すると考える。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。