

# 論文審査の結果の要旨

氏名 軽部 修太郎

本論文では、強磁性パーマロイ ( $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ ) ナノ細線と金属/酸化物界面を有するナノ細線から成る面内スピバルブ構造を用いたスピン緩和の増強効果とパーマロイ/金属/ビスマス酸化物の三層構造について行ったスピン流・電流相互変換に関する研究を纏めたものである。8章からなり、第1章の序論においては研究の背景と研究目的、第2章においては純スピン流やスピン緩和機構等スピン輸送や空間反転対称性の破れた界面において特徴的に生じるラシュバ効果や、同効果によって発現するスピン流・電流相互変換現象に関する基礎理論、第3章では、面内スピバルブ素子およびスピン流・電流変換素子の作製手法と測定手法、第4章では非局所スピバルブ信号を解析することにより、発見したスピン緩和の増強効果とその起源について、第5章では第4章の結果に基づき行ったスピン流・電流変換現象、第6章では逆変換である電流・スピン流変換現象、第7章では本研究で発見した非磁性金属/ビスマス酸化物界面を用いた発展実験についての紹介、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、軽部修太郎氏は精緻な実験から発見した非磁性金属とビスマス酸化物界面で生じるスピン流・電流相互変換現象および関連現象の詳細な実験解析から、今後の界面スピントロニクスに資する以下に述べる3つの重要な成果を得ている。

- (1) 面内スピバルブ素子を用いたスピン輸送実験において、金属および様々な酸化物界面におけるスピン緩和を系統的に調べる事によって、酸化物界面依存性がある事を明らかにした。中でも金属/ビスマス酸化物界面においては、従来のスピン反転確率に比べ、10倍も大きい値を観測し、異なるスピン緩和機構が重畳している事を示した。X線回折による結晶性の同定から、同界面にラシュバ効果が発現している可能性を推測し、同効果が本スピン緩和の増強効果の起源となっている事を明らかにした。
- (2) 上述した金属/ビスマス酸化物界面において、2次元電子系に発現するスピン流・電流変換（逆エデルシュタイン効果）の観測に成功した。また、他の重金属酸化物界面を用いて同様の実験を行い、本変換現象が観測されなかった事から、本現象はビスマス酸化物のビスマス 6p 軌道に強く起因している事を明らかにした。更に本変換現象の金属層膜厚依存性を調べる事により、バルク金属層の運動量緩和が、界面の運動量緩和に強く影響し、本変換現象を変調させている事を明らかにした。
- (3) 同界面において、電流・スピン流変換（エデルシュタイン効果）の観測にも成功した。本測定および前述した逆変換に関する測定から得られる正・逆エデルシュタイン係数を用いる事により、エデルシュタイン効果によって界面に生成されるスピン蓄積が約30%程度界面から脱出している事を明らかにした。これは残りの70%が界面でスピン

緩和している事を示唆しており、本界面はスピン軌道相互作用が強い系である事がわかった。本結果から、バルク中で発現する電流・スピン流変換（スピンホール効果）と比べ、エデルシュタイン効果はスピン緩和過程が異なる変換現象である事を明らかにした。

なお、上述した研究成果は、近藤浩太、福間康裕、井土宏各氏との共同研究として得られたものであるが、論文提出者の軽部修太郎氏が主体となって行った実験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、これまでに報告例の無い金属／ビスマス酸化物界面におけるスピン緩和の増強効果を発見し、更にその結果に基づいて同界面においてスピン流・電流相互変換現象を発見した。またこれらの得られた結果から、エデルシュタイン効果が界面に隣接する金属層の運動量緩和に強く依存する点や、従来のスピンホール効果とは質的に異なるスピン緩和過程によって発現する事を明らかにした。このことは、今後の2次元電子系を用いたスピン変換現象の更なる研究を促し、スピントロニクス発展に十分寄与するとみなせる。よって、軽部修太郎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 1681 字