Osaka University Knowledge Archive

Title	COHERENT SPIN-DEPENDENT TUNNELING TRANSPORT IN MgO-BASED EPITAXIAL MAGNETIC TUNNEL JUNCTIONS
Author(s)	松本, 利映
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/54271
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【154】

氏　　名	松（まつ）　本（もと）　利（り）　映（え）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２３８７２　号
学位授与年月日	平成22年３月23日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学　位　論　文　名	COHERENT SPIN-DEPENDENT TUNNELING TRANSPORT IN MgO-BASED EPITAXIAL MAGNETIC TUNNEL JUNCTIONS （エピタキシャルMgOトンネル障壁磁気トンネル接合素子におけるコヒーレントなスピン依存トンネル伝導）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　鈴木　義茂 （副査） 教　授　井元　信之　　教　授　木村　　剛　　准教授　河野　　浩 招聘教授　湯浅　新治

論　文　内　容　の　要　旨

結晶MgO(001)をトンネル障壁に用いたエピタキシャル磁気トンネル接合(MgO－MTJ)素子は、室温で巨大なトンネル磁気抵抗(TMR)効果を示すばかりでなく、原子層レベルの平坦性と明瞭な結晶磁気異方性を持つため、スピン依存トンネル伝導の物理を研究するためのモデル系でもある。本研究は、分子線エピタキシー薄膜成長技術を用いてエピタキシャルMgO－MTJ素子を作製し、以下の物理課題を追究したものである。

エピタキシャルFe/MgO/Fe－MTJ素子において、MgO障壁厚さに対する周期約3 Å のTMRの振動が実験的に観測されていたが、この物理機構は解明されていなかった。III. 1節では、種々の電極材料をもつエピタキシャルMgO－MTJ素子を高精度素子微細加工プロセスを活用して作製し、その物理機構の解明を目指した実験結果について述べた。これらの結果は、MgO障壁厚さに対するTMRの振動現象は既存の第一原理計算による伝導モデルでは説明できないことを示すなど、この現象の物理機構の解明のみならずトンネル伝導の本質を理解するための重要な手掛かりとなるものである。

III. 2節では、[001] 方向に対してフェルミエネルギーにΔ_1バンドがない特異なバンド構造を持つCr(001)を電極として利用したエピタキシャルMgO－MTJ素子に関する実験について述べた。実験結果から、電極のバンド構造がトンネル伝導に果たす役割とトンネル伝導電子のバンド間散乱の寄与の詳細を明らかにすることができた。また、この過程で、バンド間散乱の寄与を定量評価するための新規な方法を提案した。

エピタキシャルMgO－MTJ素子はスピントルクの詳細な物理を研究するためのモデル系となりうることも期待されて

いたが、スピントルク誘起の現象はエピタキシャルMTJ素子でこれまで観測されたことがなかった。III. 3節では、スピントルク磁化反転とスピントルク自励発振を示す高品質エピタキシャルFe/MgO/Fe－MTJ素子の作製と測定について述べた。このエピタキシャル素子がスピントルクの物理を研究する上でのモデル系として機能することを実証し、スピントルクおよびスピン依存トンネル伝導の詳細な物理の理解のための道を拓くことができた。

論文審査の結果の要旨

平成22年2月19日、審査委員会を開き、全員出席のもとに、松本利映君に博士論文の内容について説明を行わせ、それを中心に一般的な問題についても質疑・討論及び口頭試問を行った結果、以下のとおり最終試験に合格と判定した。

審査結果：提出された論文は電子の持つ電荷とスピンの双方を巧みに利用したエレクトロニクスを創成しようとするスピントロニクスの研究分野において中心的な素子となっているトンネル磁気抵抗素子の物性を明らかにすることを目的として行われた研究に関するものであり、3部から構成されていた。第一部では単結晶トンネル磁気抵抗素子においてトンネル磁気抵抗効果がバリア層の膜厚の関数として振動する現象を高度な微細加工技術と単結晶薄膜作製技術を駆使して実験的に研究している。その結果、この現象はこれまでの理論では説明できず、理論の再考が必要であることを示した。第二部では、界面にCrの超薄膜層を挿入することによりコヒーレントなトンネル過程に伴う電流と、散乱を伴うインコヒーレントなトンネル過程による電流を分離測定した結果が述べられた。このことによりトンネル磁気抵抗効果の実験的な上限を決めているのは、トンネル障壁と強磁性電極の間にある格子不整合に起因する転位であることを明らかにした。第三部は、以上の実験によりスピントロニクスの研究対象として理想的であることが示された単結晶トンネル磁気抵抗素子におけるスピンダイナミクスを研究したものである。候補者は、スピントランスファーによる歳差運動の自励発振に成功し、大きな高周波出力を得るとともに、トンネル磁気抵抗素子における発振スペクトルの増大が膜の不均一性に起因するものではないことを示した。第二部の結果は、今後のトンネル磁気抵抗素子の開発指針を与えるものであり学術的・工学的な価値がとても高い。また、第一部・第三部の結果は物理機構を完全に解明するものではなかったが、今後のこの分野の発展にとって重要な情報を与える示唆に富む内容である。

以上の成果は、既にPhysics Review B, Applied Physics Lettersなどの国際的な論文誌に8本の論文として掲載されている(内5本が主著)。また、候補者が行った本研究内容に対して、国際会議から14件の招待を受け講演を行っている(内2件登壇)。これ以外にも国内外の会議において多数の発表を行い、20th International Colloquium on Magnetic Films and SurfacesでThe Student Poster Awardを取るなど、2件の賞と4件の奨学金/奨励金を獲得している。候補者は高度な技術を要する実験を丹念に行っており、また、発表内容もよく理解している。ほとんどの質問への受け答えはスムーズであり物理的な内容を把握しているとともに実験に精通していると感じられた。一部の困難な質問に関しては多少慎重すぎると感じられる応対があったが、候補者の研究成果を発表し議論する能力は博士号の授与を受けるものとして十分であると考えられる。

以上から、候補者　松本利映君に博士号を授与することが適当であると判断した。