



Title	VOLTAGE-INDUCED MAGNETIC ANISOTROPY CHANGE AND DYNAMICS IN FERROMAGNETIC METALS
Author(s)	Shiota, Yoichi
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/26270
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

〔 題 名 〕 VOLTAGE-INDUCED MAGNETIC ANISOTROPY CHANGE AND DYNAMICS IN FERROMAGNETIC METALS
(強磁性金属における電圧誘起磁気異方性変化と磁化ダイナミクスに関する研究)

学位申請者 塩田 陽一

スピントロニクスという分野において、磁化の制御は重要な課題である。従来、磁化方向の制御には磁場やスピン偏極した電流が用いられているが、どちらも電流駆動型であるために、ジュール熱損失により大きな電力を消費してしまう。半導体産業において電流駆動型のバイポーラトランジスタから電圧駆動型の電界効果トランジスタへの重要な技術革新が生まれたように、スピントロニクスデバイスの低電力化を目指す上で電圧駆動型の磁化制御技術が今後のキーテクノロジーとなる。本研究では、室温動作かつ高い情報書き換え耐性が期待できる超薄膜強磁性金属素子を作製し、磁化方向の電圧制御の実現を目的に研究を行った。

2節ではAu上の超薄膜 $\text{Fe}_x\text{Co}_{100-x}$ 合金において、垂直磁気異方性の組成依存性及び膜厚依存性について評価を行った。電圧による磁気異方性制御に関する実験を行った結果、FeにCoを添加することで電圧効果を増大させることに成功した。さらに電圧による磁化容易軸の面内・面直遷移、アシスト磁場下での電圧誘起磁化反転を実証した。

3・4節では超薄膜 $\text{Fe}_{80}\text{Co}_{20}$ 層を有するトンネル磁気接合素子における電圧効果について述べる。電圧誘起磁気異方性変化の大きさは界面における電荷の蓄積数によって決まるため、電流による損失が大きくなりえない領域で絶縁層を薄くすることで、低電圧化が可能である。そこでMgO単層から構成されるトンネル接合素子において、磁気抵抗曲線及び強磁性共鳴周波数より電圧誘起磁気異方性変化の定量評価を行い、 ± 1 V以下で電圧効果を観測する事が出来た。さらにサブナノ秒の超高速パルス電圧を印加し、磁化の歳差運動を励起することにより、電圧のみによる高速かつ双方向に制御可能な磁化反転に成功した。これは電圧駆動型スピントロニクスデバイスの実現に向けて大きな進展と言える。

5節ではスパッタ法により成膜したTa|CoFeB|MgOまたはRu|CoFeB|MgO接合有する磁気トンネル接合素子における電圧誘起磁気異方性変化について述べる。Ta下地及びRu下地のCoFeB|MgO接合において電圧誘起磁気異方性変化の極性・強度が下地に依存する事がわかった。これは電圧効果における下地層の重要性を明らかにした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (塩 田 陽 一)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教 授	鈴木 義茂
	副 査	教 授	木村 剛
	副 査	教 授	井元 信之
	副 査	准 教 授	水落 憲和

論文審査の結果の要旨

提出された論文はスピントロニクスという新しい学問・技術分野に関するものである。スピントロニクスにおいて、磁化の制御は重要な課題である。従来、磁化方向の制御には磁場やスピン偏極した電流が用いられているが、どちらも電流を必要とするためにジュール熱が発生し大きな電力を無駄に消費してしまう。半導体産業において電流駆動型のパイポーラトランジスタから電圧駆動型の電界効果トランジスタへの重要な技術革新が生まれたように、スピントロニクスの分野でも電圧駆動型の磁化制御技術の実現が低消費電力化へのキーテクノロジーとなると考えられる。本論文では、超薄膜強磁性金属素子を作製し、その磁化方向を電圧により高速に制御することに世界で初めて成功したことが報告された。

具体的には、2 節では、Au上の超薄膜 $\text{Fe}_x\text{Co}_{100-x}$ 合金において、垂直磁気異方性の組成依存性及び膜厚依存性についての評価結果が書かれている。電圧による磁気異方性制御に関する実験を行った結果、FeにCoを添加する事で電圧効果を増大させることに成功した。さらに、アシスト磁場下でのスタティックな電圧誘起磁化反転を実証するデータが示された。

3・4 節では超薄膜 $\text{Fe}_{80}\text{Co}_{20}$ 層を有するトンネル磁気接合素子における電圧効果について述べられた。サブナノ秒の超高速パルス電圧を印加し、磁化の歳差運動を励起することにより、電圧のみによる高速かつ双方向に制御可能な磁化反転に成功した。これは電圧駆動型スピントロニクスデバイスの実現に向けた大きな進展と言える。

5 節ではスパッタ法により成膜した $\text{Ta}|\text{CoFeB}|\text{MgO}$ または $\text{Ru}|\text{CoFeB}|\text{MgO}$ 接合有する磁気トンネル接合素子における電圧誘起磁気異方性変化について述べられた。 Ta 下地及び Ru 下地の $\text{CoFeB}|\text{MgO}$ 接合において電圧誘起磁気異方性変化の極性・強度が下地に依存する事がわかった。これは電圧効果における下地層の重要性を明らかにしたものである。

論文では世界で初めて電圧誘起の高速磁化反転を実現したことなど高度な成果が述べられている。これらの成果は国際的な英文学術誌に16報の原著論文として発表されている(内4報は主著)。また、国外・国内の会議においても多くの招待講演・一般講演を行っており、その成果は国際的に高く評価されている。発表は明快であり、質問にも的確に答えており基礎物性に関してもよく理解しているといえる。以上より本論文は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。