

二国間交流事業 共同研究報告書

平成24年 1 月 23日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 東北大学・大学院工学研究科

職・氏名 (ふりがな) 教授・安藤 康夫
あんどう やすお

1. 事業名 相手国(中国)との共同研究 振興会対応機関(NSFC)

2. 研究課題名 MgO および AlO トンネル接合におけるスピントランスファー磁化反転

3. 全採用期間

平成 21 年 4 月 1 日 ~ 平成 23 年 12 月 31 日 (2 年 9 ヶ月)

4. 経費総額

(1) 本事業により執行した研究経費総額 4,500,000 円

初年度経費 1,500,000 円、 2年度経費 1,500,000 円、 3年度経費 1,500,000 円

(2) 本事業経費以外の国内における研究経費総額 0 円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者（代表者は除く）

氏名 (ふりがな)	所属・職名	研究協力テーマ
宮崎 照宣 みやざき てるのぶ	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構・教授	磁気デバイスの創製
大兼 幹彦 おおがね みきひこ	東北大学 大学院工学研究科・准教授	磁気緩和評価
永沼 博 ながぬま ひろし	東北大学 大学院工学研究科・助教	高周波磁気デバイス
水上 成美 みずかみ しげみ	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構・助教	磁気物理
渡邊 大輔 わたなべ だいすけ	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構・助手	磁性薄膜
金 国天 キム グッチョン	東北大学 大学院工学研究科・博士課程学生	構造解析
姜 麗仙 ジャン リンシェン	東北大学 大学院工学研究科・博士課程学生	微細加工
藤原 耕輔 ふじわら こうすけ	東北大学 大学院工学研究科・博士課程学生	接合素子の作製
Siripongsaku Thamrongsin	東北大学 大学院工学研究科・博士課程学生	磁気抵抗特性評価
Husne A. Begum	東北大学 大学院工学研究科・博士課程学生	磁気特性および構造の評価解析
河田 祐紀 かわだ ゆうき	東北大学 大学院工学研究科・修士課程学生	スピントランスファーダイナミクスの評価
張 憲民 ジャン シェンミン	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構・助手	低抵抗 MTJ 素子の作製
大平 祐介 おおだいら ゆうすけ	東北大学 大学院工学研究科・博士課程学生	接合素子の作製
姜 冠宇 ジャン ガング	東北大学 大学院工学研究科・修士課程学生	製膜方法の確立
Kwilu Augustin Lutondo	東北大学 大学院工学研究科・博士課程学生	強磁性共鳴測定
細田 真樹 ほそだ まき	東北大学 大学院工学研究科・修士課程学生	磁気抵抗特性評価
吉岡 慎司 よしおか しんじ	東北大学 大学院工学研究科・修士課程学生	非局所測定

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名

Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ Professor ・ Xiu-Feng Han

(3) 相手国参加者（代表者は除く）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
Lei Wang	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ Associate Professor	磁気デバイスの作製
Shamaila Shahzadi	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ Lecturer	磁性薄膜
Yan Wang	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ PhD Student	トンネル接合の作製と構造評価
Zhenchao Wen	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ PhD Student	トンネル接合の作製と伝導特性評価
Dongping Liu	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ Associate Professor	磁性材料
Wenxiu Wang	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ PhD Student	高周波磁気特性
Yi Wang	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ PhD Student	トンネル接合の作製と伝導特性評価
Tian Yu	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ PhD Student	測定装置構築
HouFang Liu	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ PhD Student	測定装置構築
Shi-Da Wei	Institute of Physics, Chinese Academy of Science ・ PhD Student	トンネル磁気抵抗素子の作製

6. 研究実績概要（全期間を通じた研究の目的・研究計画の実施状況・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

本研究は、「MgO および AlO トンネル接合におけるスピントランスファー磁化反転」のための試料作製および測定を系統的に行うものである。尚、MgO 障壁層の方が実抵抗が桁違いに低くできるため、本研究では MgO 障壁を中心に研究を進めた。以下に示す 5 つの項目について実施した。

- (1) 高品質トンネル接合素子の障壁層である MgO の膜厚を 0.9 nm とし、素子の接合抵抗を低減させ、スピントランスファートルク(STT)測定が行えるトンネル接合素子の作製技術を確立した。
- (2) 上記の低抵抗素子の STT 特性をシグナルジェネレーターをもちいて評価したところ、自由層は STT を受けてスピン波を励起させることに成功した。
- (3) スピン波励起の測定系において、ノイズを低減させるためにロックインアンプ法を確立した。本技術の確立はスピン波励起の直接的観察を可能としているため、将来のスピン波励起の学術研究にとって重要な成果である。
- (4) CoFeB/MgO 系垂直磁化膜を作製し、熱処理温度に対する垂直磁気異方性を系統的に評価し、熱処理の最適条件を決定した。また、最適条件のもと、CoFeB/MgO/CoFeB トンネル磁気抵抗素子を作製し、磁気抵抗特性を評価した。
- (5) BiFeO₃/垂直磁化膜を作製し、電界効果実験に関する基礎研究を行った。

本プロジェクトを通して、高品質な試料作製に成功し、スピントランスファートルクに関連した研究まで発展させることができた。しかし、試料作製が中心となり、スピントランスファートルクの物理機構の解明については今後、さらなる研究が必要である。また、実施した各研究項目について、次の成果発表を行った。

- (1)―(3)の成果については、2011 年の応用物理学会東北支部において成果発表を行った。また、(4)の成果については、中国側と日本側の研究メンバーが共著で Applied Physics Letters (2011 年)に掲載された。また、(5)の成果については、2011 年に米国で開催された Magnetism and Magnetic Materials conference にて共著で成果発表を行い、共著で Journal of Applied Physics に採択され、2012/1/23 現在、印刷中である。