

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Perpendicularly magnetized heterostructures for magnetization orientation control and spin filtering
著者(和文)	白幡泰浩
Author(English)	Yasuhiro Shirahata
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9594号, 授与年月日:2014年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:谷山 智康,伊藤 満,真島 豊,神谷 利夫,須崎 友文
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9594号, Conferred date:2014/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	材料物理学	専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	白幡 泰浩		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	谷山 智康
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	伊藤 満

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は、“Perpendicularly magnetized heterostructures for magnetization orientation control and spin filtering (磁化配向制御とスピフィルターのための垂直磁化ヘテロ構造)”と題して英語で記述され、Chapter 1 から Chapter 6 の計 6 章から構成されている。

Chapter 1 “Introduction (序論)”では、本研究の背景について概観され、研究の目的と意義、概要について述べられている。

Chapter 2 “Switching of magnetic anisotropy symmetry in magnetic metal/BaTiO<sub>3</sub> heterostructures (磁性金属/BaTiO<sub>3</sub> (ヘテロ構造における磁気異方性対称性のスイッチング))”では、強磁性体/BaTiO<sub>3</sub> ヘテロ構造において、界面歪みが強磁性体の磁気異方性の対称性に与える影響について調査している。その結果、BaTiO<sub>3</sub> の構造相転移に伴い、Fe/BaTiO<sub>3</sub> の磁気異方性が薄膜面内で 4 回対称から 2 回対称に変化することを見出し、また、Fe/BaTiO<sub>3</sub> と Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/BaTiO<sub>3</sub> では異なる磁気異方性の変化が発現することを明らかにしている。さらにラマン散乱分光法を用いて BaTiO<sub>3</sub> の強誘電体ドメイン構造を観察することで、磁気異方性の対称性が磁気弾性効果を介して BaTiO<sub>3</sub> の結晶構造と密接に関係することを明らかにしている。

Chapter 3 “Electric field induced magnetic anisotropy switching of perpendicularly magnetized ferromagnetic multilayers/BaTiO<sub>3</sub> heterostructures (垂直磁化強磁性多層膜/BaTiO<sub>3</sub> ヘテロ構造における電界誘起磁気異方性スイッチング)”では、垂直磁気異方性を有する強磁性多層膜/BaTiO<sub>3</sub> ヘテロ構造について、電界により誘起される磁化配向のスイッチング効果について調査し、接合界面での BaTiO<sub>3</sub> の強誘電ドメイン構造を電界で切り替えることで、磁気弾性効果に基づいて強磁性多層膜の磁化配向をスイッチングさせることが可能であることを実証している。また、微小な逆方向磁界を重畳させることで、電界による磁化反転が可能であることまでを示している。これらの磁化配向制御においては、従来、磁性金属/絶縁体界面で磁気異方性を電界で制御するために必要であった電界と比較して、2 桁以上小さな電界で磁化配向制御が可能であることを示している。

Chapter 4 “Electrical spin detection at magnetic metal/modulation doped GaAs interfaces (磁性金属/変調ドープ GaAs 界面における電氣的スピ検出)”では、円偏光スピ励起法を用いて、強磁性体/変調ドープ GaAs 界面における電氣的スピ検出法について調査している。Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/変調ドープ GaAs 構造に対する円偏光依存光電流の符号が、フェルミ準位における Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> のスピ偏極率が負であることを反映して、Fe/変調ドープ GaAs 構造の円偏光依存光電流と逆符号を示すことを明らかにし、原子的に平坦な表面を持つ GaAs 上に Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> を成長することで、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 薄膜においてバルクと同様のスピ偏極を保持させることが可能であることが示されている。

Chapter 5 “Electrical spin detection at perpendicularly magnetized ferromagnetic multilayers/GaAs interfaces (垂直磁化強磁性多層膜/GaAs 界面における電氣的スピ検出)”では、GaAs(001)基板上に成長した強磁性多層膜が垂直磁化を持つための成長条件を見出し、垂直磁化強磁性多層膜/GaAs 界面における残留磁化状態でのスピフィルター効果について円偏光スピ励起法を用いて調査している。その結果、順方向バイアス 0.41 V の電圧を印加することで、スピ依存光電流の界面バイアス電圧依存性にスピフィルター効果が顕在化することを示す特徴的なピーク構造が現れることを見出している。また、円偏光依存光電流の磁界依存性が垂直磁化強磁性多層膜の磁化過程を反映する角型ヒステリシスを示すことを見出し、無磁界状態でスピフィルター効果を利用したスピ検出が可能であることを示している。

Chapter 6 “Conclusions (結論)”では、本研究で得られた結果を総括している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	材料物理学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名 : Student's Name	白幡 泰浩		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	谷山 智康
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	伊藤 満

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

A new concept for controlling magnetization orientation in ferromagnet/ferroelectric heterostructures is indispensable for future spintronics to be operated at a low energy consumption level, compared with the conventional controlling technologies of magnetization orientation. With this view, issues of how to control magnetization orientation using magnetoelectric effects at the interface are of crucial importance. Despite great efforts so far, the issue has been still elusive. On the other hand, the detection of electron spin is also very important to pave a new pathway to developing spintronic devices. A number of studies of electron spin transmission across ferromagnet/semiconductor interface have been done for a robust approach to detecting electron spin, although it has not been established yet. This work sheds some light on these two issues by focusing the research on perpendicularly magnetized multilayers to control the magnetization orientation by external means as well as to detect electron spin in semiconductor at remanence. Magnetic anisotropy of magnetic metal and multilayers on ferroelectric BaTiO<sub>3</sub> was investigated through electrical and thermal means. Clear switching behavior of magnetic anisotropy symmetry of Fe epitaxial layers has been found as BaTiO<sub>3</sub> underwent the phase transition from the tetragonal to orthorhombic structural phase transition. Also, electric field driven magnetization switching and even magnetization reversal have been demonstrated in perpendicularly magnetized multilayer/BaTiO<sub>3</sub> heterostructures via magnetoelastic coupling effect. These results clearly show that perpendicularly magnetized multilayers/ferroelectric heterostructures are promising for electric field control of magnetic anisotropy. Spin filtering effect across magnetic metal and multilayer/GaAs interfaces was also studied using optical spin orientation method. The spin dependent photocurrent showed that the flatness of the interface is one of the most critical factors to maintain the spin polarization of magnetic metals. Furthermore, spin dependent photocurrent exhibited a marked feature at a forward bias voltage for perpendicularly magnetized multilayer/GaAs interfaces, while the circular polarization dependent photocurrent showed a hysteretic behavior. The results revealed that perpendicularly magnetized multilayers have a great potential to be used as a spin detector in future spintronic devices. From these results, this research shows epitaxially engineered structures composed of ferromagnets, ferroelectrics and semiconductors provide a promising basis for designing spintronic devices in the future.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).