

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),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第9594号,<br>授与年月日:2014年6月30日,<br>学位の種別:課程博士,<br>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),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第9594号,<br>Conferred date:2014/6/30,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文  |
| Category(English) | Doctoral Thesis   |
| 種別(和文)            | 審査の要旨   |
| Type(English)     | Exam Summary  |

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号        | 甲第  | 号     | 学位申請者氏名 | 白幡 泰浩 |     |
|-------------|-----|-------|---------|-------|-----|
| 論文審査<br>審査員 |     | 氏名    | 職名      | 氏名    | 職名  |
|             | 主査  | 谷山 智康 | 准教授     | 須崎 友文 | 准教授 |
|             | 審査員 | 伊藤 満  | 教授      |       |     |
|             |     | 真島 豊  | 教授      |       |     |
| 神谷 利夫       |     | 教授    |         |       |     |

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Perpendicularly magnetized heterostructures for magnetization orientation control and spin filtering (磁化配向制御とスピントラッキング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 Cu/Ni 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> の強誘電体ドメイン構造を a ドメインから c ドメインに電界で切り替えることで、磁気弾性効果に基づいて Cu/Ni 多層膜の磁化配向を面直方向から面内方向へ 90°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 180°磁化反転が可能であることを示している。これらの磁化配向制御において必要な電界は 10 kV/cm 程度と見積もられ、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ン検出)”では、円偏光スピン励起法を用いて、強磁性体/変調ドープ GaAs 界面における電氣的スピン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> のスピン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ン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 (垂直磁化多層膜/GaAs ヘテロ界面における電氣的スピン検出)”では、GaAs(001)基板上に成長した Cu/Ni 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 Cu/Ni 多層膜/GaAs 界面における残留磁化状態でのスピントラッキング効果について円偏光スピン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、スピン依存光電流の界面バイアス電圧依存性にスピントラッキング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 Cu/Ni 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、無磁界状態でスピントラッキング効果を利用したスピン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。

以上要するに本論文は、垂直磁化多層膜と強誘電体もしくは半導体とから構成されるエピタキシャルヘテロ構造における磁気異方性の電界制御と無磁場状態でのスピン検出手法を新たに提案し、ヘテロ界面に起因するそれらのメカニズムを明らかにしたものであり、工学上・工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。