

課題番号 : 2016B-E20
利用課題名 (日本語) : 軟X線磁気円二色性と共鳴光電子分光を用いたスピントロニクス材料の磁気・電子状態の研究
Program Title (English) : XMCD and resonant photoemission studies of the electronic and magnetic states of spintronics materials
利用者名(日本語) : 藤森淳¹⁾, 若林勇樹²⁾, 坂本祥哉¹⁾, 池震棟¹⁾, 中根了昌²⁾, 野中洋亮¹⁾,
Username (English) : A. Fujimori¹⁾, Y. K. Wakabayashi²⁾, S. Sakamoto¹⁾, Z. Chi¹⁾, R. Nakane²⁾, Y. Nonaka¹⁾
所属名(日本語) : 1) 東京大学大学院理学系研究科, 2) 東京大学大学院工学系研究科
Affiliation (English) : 1) Department of Physics, The University of Tokyo, 2) Department of Electrical Engineering and Information Systems, The University of Tokyo

キーワード:

1. 概要 (Summary)

近年スピントロニクスと呼ばれる新しい分野では、物質中におけるスピンの自由度を積極的に利用して新しい機能を持ったデバイスを作成しようとする試みが盛んである。本研究では、スピントロニクス材料として期待される強磁性半導体(Al,Fe)Sb、ハーフメタリックな状態を持つと予想されている Si 基板上スピネル酸化物 $\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ 、室温で強誘電性と強磁性を示すマルチフェロイック酸化物 $\text{Bi}(\text{Fe},\text{Co})\text{O}_3$ の磁気・電子状態をX線吸収(XAS)、軟X線磁気円二色性(XMCD)を用いて調べた。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

XMCD は SPring-8 重元素科学ビームライン (BL23SU) の磁気円二色性装置を用いた。(Al,Fe)Sb の試料構造は $[\text{InAs}(5\text{nm})/\text{Al}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Sb}(100\text{nm})/\text{AlSb}(100\text{nm})/\text{GaAs}(100\text{nm})/\text{GaAs}(001)$ 基板] であり、 $x=10\%$ の $T_C=40\text{K}$ の試料と $x=14\%$ の $T_C=10\text{K}$ の 2 試料を用意した。スピネル酸化物の試料構造は $[(\text{Ni},\text{Co})\text{Fe}_2\text{O}_4 (t \text{ nm})/\text{Al}_2\text{O}_3 (2 \text{ nm})/\text{Si}(111)$ 基板] であり、Ni 組成が 0.25, 1.5, 0.75 で膜厚 $t=4.3\text{nm}$ の 3 試料、Ni 組成が 1 で膜厚 $t=2.1, 4.3, 6.5\text{nm}$ の 3 試料(計 6 試料)を用意した。 $\text{Bi}(\text{Fe},\text{Co})\text{O}_3$ の試料構造は $[\text{Pt}(1\text{nm})/\text{BiFe}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3(200\text{nm})/\text{SrRuO}_3(10\text{nm})/\text{SrTiO}_3(111)$ 基板] であった。それぞれ、複数温度、複数磁場で XAS と XMCD スペクトルの測定を行い、 -7T から 7T の範囲で M-H 測定を行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

(Al,Fe)Sb は $T=5\text{K}$, $H=7\text{T}$ において、 $x=10\%$ の試料で

は明瞭な XMCD が観測されたが、 $x=14\%$ の試料では 1/5 程度の大きさの XMCD しか観測されなかった。これは $x=10\%$ の試料の方が T_C が高いこととコンシステントである。スペクトルの形状は二試料でほとんど変わらなかったことから、(Al,Fe)Sb の強磁性は不純物の析出でなく、内因的であると考えられる。(Ni,Co)Fe₂O₄ では Fe の XMCD スペクトル形状から、Ni の組成比が増えるにつれ理想的な逆スピネル構造に近づいていくことが分かった。NiFe₂O₄ の Fe の XMCD スペクトルの膜厚依存性から、膜厚減少に伴い正スピネル構造が増えていることが分かったが、Ni のスペクトル形状は膜厚によらず八面体配位のスペクトルであったことから、結晶自体の欠陥によりサイトの比率が変化している可能性が考えられる。Bi(Fe,Co)O₃ では、本測定で初めてバルクの BiFeO₃ に由来する内因的な Fe の XMCD スペクトルが得られた。Co の L₃ 端で測定した元素選択的 M-H カーブは常磁性的であり、Bi(Fe,Co)O₃ の強磁性は Fe が担っていることが示された。

4. その他・特記事項 (Others)

原子力研究機構の竹田幸治氏、斉藤祐児氏、山上浩志氏にご支援いただいた。