

課題番号 : 2015B-E24  
利用課題名 (日本語) : 軟 X 線磁気円二色性と角度分解光電子分光を用いた新規強磁性半導体の不均一な磁気・電子状態の研究  
Program Title (English) : XMCD and ARPES study on the inhomogeneous magnetic and electronic structures of new ferromagnetic semiconductors  
利用者名(日本語) : 藤森淳<sup>1)</sup>, 若林勇樹<sup>2)</sup>, 坂本祥哉<sup>3)</sup>, 芝田悟朗<sup>4)</sup>, 堀尾眞史<sup>5)</sup>, 池田啓祐<sup>6)</sup>  
Username (English) : A. Fujimori<sup>1)</sup>, Y. K. Wakabayashi<sup>2)</sup>, S. Sakamoto<sup>1)</sup>, G. Shibata<sup>1)</sup>, M. Horio<sup>1)</sup>, K. Ikeda<sup>1)</sup>  
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、新しい強磁性半導体であるIV族半導体Geを母体とした強磁性半導体 Ge:Fe、Ge:Mn 薄膜や、III-V 族半導体に Fe をドーブした強磁性半導体(In,Fe)As:Be、(Ga,Fe)Sb 薄膜が合成され注目を集めている。本研究では、10 Kの低温において1Tで100%以上の特異な磁気抵抗を示す、IV 族希薄磁性半導体  $Ge_{1-x}Mn_x$  薄膜中の電子状態・磁気状態を XAS, XMCD 測定により観察し、磁気抵抗の起源を明らかにし、また(Ga,Fe)SbのFeの準位、部分状態密度を共鳴光電子分光を用いて明らかにした

### 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

XMCD と共鳴光電子分光はそれぞれSPring-8 重元素科学ビームライン(BL23SU)の磁気円二色性装置、光電子分光装置を用いた。 $Ge_{1-x}Mn_x$ の試料構造は[Ge cap (2nm)/  $Ge_{0.91}Mn_{0.09}$  (20nm)(試料①) or  $Ge_{0.86}Mn_{0.14}$  (20nm)(試料②)/ Ge buffer (20nm)/ Ge(111) substrate]であり、Mn の  $L_{2,3}$ 吸収端付近のエネルギー(630-680eV)の光を用いて XAS, XMCD 測定を温度 6-300K、磁場 0.15-7 T の範囲の条件で行った。さらに、630-680eV の様々なエネルギーにおける XMCD 強度の磁場依存性をマイナス 7 T からプラス 7 T の範囲で、温度範囲 5.6-300K で測定した。(Ga,Fe)Sb 薄膜の構造は [As (1nm)/ (Ga,Fe)Sb (50nm)/ AlSb (100nm)/ AlAs (10nm)/ GaAs (50nm)/ GaAs substrate]であり、Fe の濃度が 0%、6%、13.7%のものを測定した。Fe の  $L_3$ 吸収端付近のエネルギー(704-715 eV)の光を用いて 100K において角度積分光電子スペクトルを得た。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

$Ge_{1-x}Mn_x$ の試料①、②に対するXMCDスペクトルの印加磁場依存性から、Ge:Mn 中には強磁性的なものと常磁性的なものとの二つの磁性成分が存在していることが分かった。各エネルギー点における XMCD 強度の磁場依存性から強磁性的な成分が Mn 濃度の高い領域に形成されている磁気ポーラロン中の Mn スピン、常磁性的な成分が Mn 濃度の低い領域の孤立した Mn スピンの磁気モーメントと考えられる。この2成分の磁場依存性を掛け合わせたものと、磁気抵抗の磁場依存性が非常に良く一致した。このことから、特異な磁気抵抗の起源は磁気ポーラロン中のスピン偏極したホールと、Mn濃度の低い領域の孤立した Mn スピンとの間の spin-disorder magnetic scattering であることが分かった。

(Ga,Fe)Sb の XAS スペクトルには多重項構造が観測されず、共鳴光電子スペクトルに大きな Auger ピークが観測されたことから、この物質中の Fe の 3d 電子が遍歴性を持っていることがわかった。一方で共鳴光電子スペクトルには、1.8eV 10eV 付近に共鳴増大する構造が観測され、互いに異なる入射光エネルギー依存性を見せた。この起源は現在定かでないが、この物質の特異な電子構造に関する知見を与えるものと期待される。

### 4. その他・特記事項 (Others)

原子力研究機構の竹田幸治氏、藤森伸一氏、斉藤祐児氏、山上浩志氏にご支援いただいた。