

課題番号 : 2014B-E29
利用課題名 (日本語) : 強磁性半導体 $\text{Ge}_{1-x}\text{Fex}$ 薄膜の電子構造の軟 X 線共鳴角度分解光電子分光による研究
Program Title (English) : Resonant Soft X-ray ARPES Study of the Electronic Structure of the Ferromagnetic Semiconductor $\text{Ge}_{1-x}\text{Fex}$
利用者名 (日本語) : 藤森淳¹⁾, 坂本祥哉¹⁾, 若林勇希²⁾, 竹田幸治³⁾, 藤森伸一³⁾, 鈴木博人¹⁾, 山上浩志³⁾, 田中雅明²⁾, 大矢忍²⁾
Username (English) : A. Fujimori¹⁾, S. Sakamoto¹⁾, Y. Wakabayashi²⁾, Y. Takeda³⁾, S. Fujimori³⁾, H. Suzuki¹⁾, H. Yamagami³⁾, M. Tanaka²⁾, S. Ohya²⁾
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, 3) 独立行政法人日本原子力研究開発機構
Affiliation (English) : 1) Department of Physics, The University of Tokyo, 2) Department of Electrical Engineering and Information Systems, The University of Tokyo, 3) Synchrotron Radiation Research Unit, JAEA

キーワード :

1. 概要 (Summary)

IV 族強磁性半導体 $\text{Ge}_{1-x}\text{Fex}$ 薄膜は、Si や Ge への高効率なスピン注入源として期待されているが、強磁性転移温度(T_c)が 210 K と室温に到達しておらず、その電子状態や強磁性発現機構は全くわかっていない。本課題では、軟 X 線を用いた共鳴角度分解光電子分光により、Fe 3d 準位とフェルミエネルギー(E_F)の位置を明らかにし、その強磁性が従来から磁性半導体の分野で議論されてきた *p-d*Zener model では説明できないことを見いだした。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

磁性半導体において強磁性はキャリアによって媒介されるとされ、その発現の鍵を握るのは磁性イオンの 3d 準位とフェルミエネルギーの位置である。それらを明らかにすることを目的として BL23SU において光電子分光実験を行った。測定した試料の試料構造は[Ge cap (2 nm)/ $\text{Ge}_{0.935}\text{Fe}_{0.635}$ (130 nm)/Ge buffer (20 nm)/*p*-Ge(001) substrate]であり T_c は 100 K であった。実験前に HF エッチングによって表面を清浄化したのち、Fe の L_{β} 吸収端付近のエネルギー(704-715 eV)の光を用いて角度積分(AIPES)、角度分解(ARPES)スペクトルを測定し、~900 eV のエネルギーの光を用いて Γ 点付近の ARPES スペクトルを測定した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

AIPES スペクトル、ARPES スペクトルともに明瞭

に観測することができた。共鳴条件下のスペクトルから Fe の 3d 準位が E_F に有限の状態を持ち、また E_F から ~6 eV まで幅広く分布していることが分かった。このことは Fe の 3d 準位がおそらく *p-d* 混成を通して非局在化していることを示唆している。 Γ 点における ARPES スペクトルからは、 E_F が価電子帯頂上より 0.2-0.3 eV 上に位置することが分かり、先の結果と合わせて、キャリアの輸送は Fe の 3d 準位由来の不純物バンド内で起きていることが示唆された。すなわち、この物質の強磁性は、ホールが価電子帯に入るとする *p-d*Zener model よりも、Fe の 3d 準位間をホッピング伝導するキャリアによる二重交換相互作用によって発現している可能性が高いといえる。

4. その他・特記事項 (Others)

なし。