

課題番号 :2019A-E15

利用課題名 (日本語) :室温鉄系強磁性半導体薄膜におけるバンド構造の鉄濃度依存性
Program Title (English) :Fe concentration dependence of band structure in an Fe-based room temperature ferromagnetic semiconductor

利用者名(日本語) :小林 正起¹⁾, 武田 崇仁¹⁾, 荒木 恒星¹⁾, 藤澤 唯太²⁾, 岡田 佳憲²⁾

Username (English) :M. Kobayashi¹⁾, T. Takeda¹⁾, K. Araki¹⁾, Y. Fujisawa²⁾, Y. Okada²⁾

所属名(日本語) :1) 東京大学大学院工学系研究科, 2) 沖縄科学技術大学院大学

Affiliation (English) :1) Department of Electrical Engineering and Information Systems, The University of Tokyo, 2) Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University.

キーワード :

1. 概要 (Summary)

強磁性半導体(FMS)は、電子工学で使われる半導体と磁気工学で使われる強磁性体の両方の性質を有し、現代の半導体技術との親和性の高さから、半導体スピントロニクス物質として注目を集め、研究が進んでいる。鉄系 III-V 族 FMS $\text{Ga}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Sb}$ (GaFeSb) は p 型の FMS であり、その強磁性転移温度(T_C)は Fe 濃度の増加に伴って上昇し Fe 23%で室温に達する。本研究では、 $(\text{Ga,Fe})\text{Sb}$ における強磁性の発現機構を解明することを目的とし、価電子帯における Fe 不純物バンドが Fe 濃度によりどう変化するかを共鳴光電子分光 (RPES) により調べた。Fe 3d 不純物バンドは明確な Fermi edge を示し、Fermi 準位 (E_F) 近傍の状態密度は Fe 濃度と共に上昇した。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

FMS における強磁性の起源を解明には、価電子帯の電子構造を知ることが重要となる。そこで、 $(\text{Ga,Fe})\text{Sb}$ の強磁性起源を明らかにするために、RPES を用いて価電子帯の Fe 3d 不純物バンドを調べた。

測定には SPring-8 重元素科学ビームライン (BL23SU) の PES 装置を用いた。測定した試料は、非晶質 Sb (~2 nm) を表面保護層として用いた $\text{Ga}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Sb}$ (30 nm)/GaSb (100 nm)/AlSb (5 nm)/AlAs (5 nm)/GaAs (50 nm)/ p -GaAs ($x = 0, 0.10, 0.15, 0.25$) 薄膜である。非晶質 Sb/ $\text{Ga}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Sb}$ 薄膜は、表面処理を行わずに PES 測定を行った。両試料における PES 測定は 20 K で行われた。X 線吸収分光 (XAS) スペクトルは、全電子収量法により測定した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

図 1 は、Fe 濃度が異なる GaFeSb 試料において観測された RPES スペクトルを示す。共鳴スペクトルは Fe

$L_{2,3}$ XAS のメインピークの入射光エネルギーで測定された。共鳴と非共鳴スペクトルを比較すると (図 1(a))、光電子強度が Fe 濃度によらず共鳴で明らかに増大しており、この強度差は Fe 3d 部分状態密度 (PDOS) を反映している。Fe 3d PDOS は価電子帯全体に広がっており、この結果は Fe 3d 軌道と GaSb バンドとの混成が強いことを示唆する。共鳴スペクトルでは E_F において Fermi cutoff が観測され、 E_F 近傍の PDOS は Fe 濃度の増加に伴い増大することがわかった。以前の APRES 測定から、 E_F 近傍では Fe 3d 不純物バンドが存在することが分かっているため、この結果は Fe 3d 不純物バンドの強度が Fe 濃度に伴い増加することを示唆する。Fe 濃度を増やしても共鳴および非共鳴スペクトルのいずれもほぼエネルギーシフトをしていないことから、Fe は三価であり E_F は Fe 3d 不純物バンド内に存在していると考えられる。GaFeSb は Fe 濃度の増加により T_C が高くなることを考慮すると、 E_F における Fe 3d RPES の強度が T_C の増加に関連していると考えられる。

4. その他・特記事項 (Others)

BL23SUでの実験に関して、原子力研究機構の竹田幸治氏、藤森伸一氏、にご支援いただいた。本研究の一部は、スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点の支援を受けて行われました。

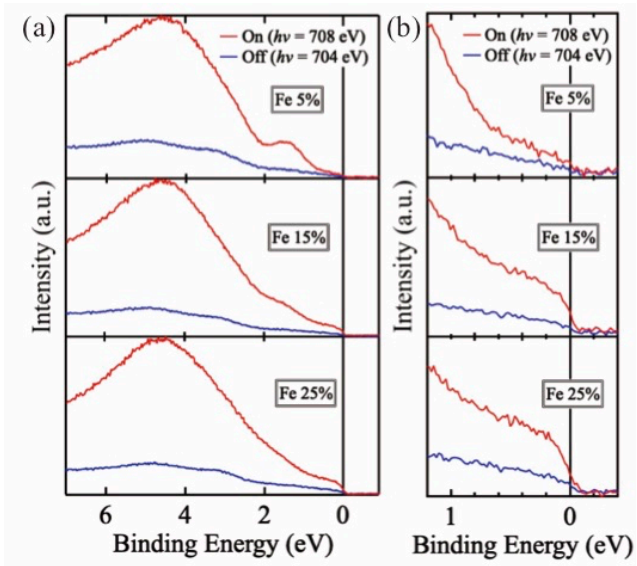


Fig 1. RPES spectra of GaFeSb thin films with different Fe concentration. (a) On- and off-resonance spectra. (b) Enlarged plots near E_F .