

課題番号 :2017A-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強磁性半導体(Al,Fe)Sb の磁気・電子状態の研究  
Program Title (English) :X-ray magnetic circular dichroism and resonance photoemission studies of the magnetism and the electronic structure of the ferromagnetic semiconductor (Al,Fe)Sb  
利用者名(日本語) :藤森淳<sup>1)</sup>, 坂本祥哉<sup>1)</sup>, 小林正起<sup>2)</sup>, 池震棟<sup>1)</sup>, 万宇軒<sup>1)</sup>, 鈴木雅弘<sup>1)</sup>  
Username (English) :A. Fujimori<sup>1)</sup>, S. Sakamoto<sup>1)</sup>, M. Kobayashi<sup>1)</sup>, Z. Chi<sup>1)</sup>, Y. Wan<sup>1)</sup>, M. Suzuki<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)

強磁性半導体はそのスピントロニクス材料としての応用への期待から盛んに研究されてきたが、研究対象は Mn をドーピングした III-V 族半導体が主であった。しかしながら、これらの系では、 $Mn^{2+}$  が III 族元素を置換する際に常にアクセプターとなるために、電気伝導が常に p 型にしかならないことや、キュリー温度が最高で 200 K と室温より低いことが課題であった。ところが最近、新しく Fe をドーピングした強磁性半導体 (In,Fe)As:Be、(Ga,Fe)Sb、(Al,Fe)Sb が発見され、より多彩な物性・機能が実現できるようになり注目を集めている。これらの物質の電気伝導は (In,Fe)As:Be において n 型、(Ga,Fe)Sb において p 型、(Al,Fe)Sb において絶縁的と多彩である。本研究では特に (Al,Fe)Sb を対象とした。(Al,Fe)Sb は Fe の濃度が 8%以下で常磁性となり、10%で転移温度が最大(40 K)となったのち、14%で転移温度は 10 K まで減少するという奇異な振る舞いを示す。この起源および強磁性発現の機構を解明するため、(Al,Fe)Sb の磁気・電子状態を X 線吸収(XAS)、磁気円二色性(XMCD)を用いて調べた。

### 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

測定には 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 [InAs(2nm)/Al<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>Sb(100nm)/AlSb(100nm)/GaAs(100nm)/GaAs(001) 基板]であり、x = 5%、10%、14%の 3 試料を用意した。それぞれ、4.2K ~300K の間の複数温度で、印加磁場・7T~7T の範囲

で XMCD を用いたヒステリシス測定を行い、また 7T で XAS と XMCD スペクトルを測定した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

実験では、信号は微弱ながらもスペクトルの観測とヒステリシスの測定に成功した。XAS と XMCD スペクトルはブロードで、Fe の 3d 電子が遍歴的な性質を持つことがわかった。常磁性であるはずの Fe を 5%ドーピングした試料は、予想に反し最も大きな XMCD を示した。またスペクトルのピークの位置も高エネルギー側に少しシフトしている様子が観測された。Fe10%と 14%の試料の間では、スペクトルの形状はほぼ同じであったが、Fe10%のほうが XMCD が大きく、当初の予想と一致する振る舞いが観測された。ヒステリシス測定では、低温で強磁性的(超常磁性的)な振る舞いが観測された一方で、高温でも磁化は磁場に強く応答することがわかった。このことは、超常磁性的な成分が  $T_c$  より高い温度まで存在することを示唆している。

### 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、斎藤祐児氏、山上浩志氏にご支援いただいた。