

研究課題別研究評価

1. 研究課題名: III-V 族磁性半導体超構造の光誘起磁性

2. 研究者氏名: 宗片比呂夫

3. 研究のねらい:

私は 10 余年前に半導体と磁性体との融合が将来の電子・光情報材料の研究に重要と考え、光半導体として産業的に重要な III-V 族半導体を磁性原子により混晶化できることを世界に先駆けて示し (InMnAs 平成元年) その後、縁あって平成 9 年からさきがけ研究 21「状態と変革」領域に参加いたしました。

応募時の目標と終了時点で得られた成果、報告状況は以下の通りである。

4. 研究結果と自己評価

目標 1: (In,Mn)As ヘテロ構造における光誘起磁化の原理解明と制御

自己評価:

さきがけ研究開始前に作製した(InMn)As ヘテロ構造を用いて、光照射により磁化が大きく変化すること、それが光照射で構造中に生成した正孔キャリアスピンにより Mn 間に誘起された強磁性、すなわち、「キャリア誘起強磁性」に基づくものであることを明らかにした。磁性がキャリアスピンで制御可能であることを最初に示した実験と自負している。ただし、5Kでの現象をいかにして高温領域に広げていくかに苦心し、この点は未だ解決できていない。目下試料の設計と作製に立ち返って研究中。

目標 2: 半導体・磁性体融合構造の作製と光磁性

自己評価:

リスクは高いが波及効果が大きいテーマとして、光磁性現象の低キャリア濃度での発現と広い温度領域での制御とをめざして半導体・磁性体融合材料の研究を進めた結果、産業的に重要な 2 種類の素材を組み合わせ GaAs-Fe 複合グラニューラー構造において室温での光磁化を見出すことができた。構造が予想以上に複雑であったために、この現象が磁性ナノ微粒子に特有の新しい物性なのか、あるいは光キャリアが本当に関与しているかなどの本質的疑問にはまだ十分に答えられていないが、室温での発現という点が極めて魅力的である。

目標 3: 磁性混晶半導体の多様性と発展性の研究

自己評価:

Mn 以外の磁性原子を半導体中に大量に添加できれば、混晶素材の伝導と磁性をより広範に制御できると考え、実験を進めた結果、常磁性 GaFeAs や GaMnN 混晶薄膜を見出した。すなわち、

種々の磁性元素や母体材料で III-V 族磁性混晶半導体が作製可能であることを実証した。さらに、(Ga,Fe,Mn)As 磁性混晶半導体でゼロ磁場での円偏光磁化反転を世界に先駆けて見出し、磁性混晶半導体で発現するキャリア誘起磁性の多様性と発展性を示した。Mn 以外の磁性元素も面白いことをアピールできたと思う。

5 . 領域総括の見解

本研究者は、本領域での 3 年間の第 1 期研究者として採択される以前に、半導体工学の分野で広く知られた研究実績をすでに挙げている代表的中堅研究者の一人である。「さきがけ研究 21」としての本領域の発足にあたって、本研究者を採択した理由は、採択選考にあたって本人が提示した研究アイデアが、従来の研究の連続的発展の線上にあるものではない新規性を持つと判断したことと、高度に分野横断的性格を特徴とする本領域の研究者交流環境が、この新規な発想の展開に有効に働くことを期待したことと、高度の技術的水準にある半導体工学の技術・発想・経験が本領域の他の研究者に対して有益な刺激となることが期待されたからである。半導体・磁性体融合構造などに関する本研究者の 3 年間の成果は、よくこの期待に応えるものであったと考える。また、本領域の定期研究会における同氏の積極的な発言・交流は、本領域全体の活性化に少なからぬ貢献を与えた。

6 . 主な論文及び特許など

(目標 1 に関して)

H. Munekata, S. Koshihara; Carrier-induced magnetism: how and what we pursue with III-V-based magnetic semiconductor heterostructures?; Superlattices and Microstructures 25, 251-258 (1999).

A. Oiwa, A. Endo, S. Katsumoto, Y. Iye, H. Ohno and H. Munekata: Magnetic and transport properties of the ferromagnetic heterostructures (In,Mn)As/(Ga,Al)Sb; Phys. Rev. B 59, 5826-5831 (1999).

Y. Takatani, H. Munekata, S. Haneda, R. Moriya, and S. Harigae: "Preparation of (Ga,Fe)As and its photo-magnetic characteristics", 26th Intern'l Symp. Compound Semiconductor Proceedings p.53 (2000).

(目標 2 に関して)

S. Haneda, H. Munekata, Y. Takatani and S. Koshihara; "Fe-based magnetic-semiconductor hybrid structures for photocarrier-induced magnetism", J. Appl. Phys. 87, 6445-6447 (2000)

S. Haneda, S. Koshihara and H. Munekata; "Formation of FeAs and Fe crystallites in GaAs-Fe composite structures and their roles in light-enhanced magnetization", Physica E (2001), in press.

(目標 3 に関して)

S.Haneda, M. Yamaura, Y. Takatani, K. Hara, S. Harigae and H. Munekata;
"Preparation and Characterization of Fe-based III-V Diluted Magnetic
Semiconductor (Ga,Fe)As", Jpn. J. Appl. Phys. 39, L9-L12 (2000).

参考論文

H. Munekata, T. Abe, S. Koshihara, A. Oiwa, M. Hirasawa, S. Katsumoto, Y.
Iye, C. Urano and H. Takagi ; " Light-induced ferromagnetism in III-V-based
diluted magnetic semiconductor heterostructures" , J. Appl. Phys. 81,4862-4864 (1997)

S. Koshihara, A. Oiwa, M. Hirasawa, S. Katsumoto, Y. Iye, C. Urano, H.
Takagi, and H. Munekata; " Ferromagnetic Order Induced by Photogenerated
Carriers in Magnetic III-V Semiconductor Heterostructures of
(In,Mn)As/GaSb" , Phys. Rev. Lett. 78, 4617-4620 (1997).

特許

国内特許出願: No.K009P01「キュリー点書き込みによらない書き込み方式に基づく新しい磁気
光ディスク媒体」平成 9 年 12 月 1 日 出願番号: H10-1946

PCT 国際特許出願: No. K00901PCT「光磁気記録媒体及び光磁気記録装置」平成 11 年 2 月
9 日 出願番号: PCT/JP99/OO547