

| | |
|--------------|--|
| Title | Magneto-optical study of semimagnetic semiconductor Cd _{1-x} MnxTe and its application to the study of intermediate-state flux patterns of type-I superconductor thin films |
| Author(s) | 岡田, 隆典 |
| Citation | |
| Issue Date | |
| Text Version | none |
| URL | http://hdl.handle.net/11094/45937 |
| DOI | |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

| | |
|------------|---|
| 氏名 | 岡田隆典 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 第 19576 号 |
| 学位授与年月日 | 平成 17 年 3 月 25 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻 |
| 学位論文名 | Magneto-optical study of semimagnetic semiconductor $Cd_{1-x}Mn_xTe$ and its application to the study of intermediate-state flux patterns of type-I superconductor thin films (半磁性半導体 $Cd_{1-x}Mn_xTe$ の磁気光学研究およびその第一種超伝導体薄膜における中間状態磁束模様の研究への応用) |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 伊藤 正 (副査) 教授 冷水 佐壽 教授 菅 滋正 |

論文内容の要旨

本論文は、「半磁性半導体における励起子磁気ポーラロン局在メカニズムの研究」と「第一種超伝導体の中間状態における磁束模様の研究」で構成されている。前者は大阪大学大学院基礎工学研究科(伊藤正教授)、後者はパリ第六大学固体物理研究部門(Catherine Gourdon 博士)で行った。

大阪大学では、半磁性半導体において、光誘起磁気相転移発現のために不可欠な励起子磁気ポーラロン効果について研究を行った。半磁性半導体の興味深い現象として、ポテンシャル揺動による励起子局在、励起子磁気ポーラロン効果による励起子局在現象がある。これらの局在エネルギーは磁性イオン濃度によって変化する。本研究では、発光スペクトル形状の解析を通して、励起子磁気ポーラロンの局在現象を考察した。試料は $Cd_{0.8}Mn_{0.2}Te$ である。この組成の発光スペクトルは、局在励起子磁気ポーラロンのみによる発光と一般に考えられている。しかし、発光スペクトルは二つの成分が共存しており、温度、磁場、励起強度を変化させると複雑な振る舞いを見せる。それらは、局在励起子磁気ポーラロンと中性アクセプタ束縛励起子磁気ポーラロンによるものと解析した。更に、これらの局在プロセスを介したアンチストークス発光を発見したことも、今までの研究にない新しい点である。本研究は光誘起磁気相転移実現に対し貢献し、さらに励起子磁気ポーラロンによるアンチストークス発光について新たな物理的知見が得られたと考えている。よって、この現象はスピン制御を利用した物質創成に貢献できると考えている。

パリ第六大学では、第一種超伝導体薄膜にみられる中間状態の磁束模様を、ファラデー顕微鏡法で観測し、カレントループモデルを用いて解析を行った。ファラデー顕微鏡法を用いると、中間状態(超伝導領域と金属領域の混合相)を白黒の磁束模様の画像として得ることができる。この手法では大きなファラデー回転を発現させるために、磁気光学層と呼ばれる磁性体を超伝導体薄膜の上に被せる。本研究が今までに行われてきた研究と大きく異なる点は、巨大ファラデー回転を得るために磁気光学層として半磁性半導体多重量子井戸を用いたことである。更に、半磁性半導体は常磁性体であるため、磁気光学層の影響を受けることなく磁束模様を正確に観測できる。磁束模様は、磁場増大とともにチューブ状から入り組んだラメラ状へと変化する。その大きさは物質と薄膜の厚さで決まる。この磁束模様は定量的に未解明な部分が多い。本研究では、カレントループモデルを用いて磁気エネルギーを求め、自由エネルギーを

考慮することで考察を進めた。

その結果、チューブ→ラメラ状転移を決定するパラメータを得ることができた。また、チューブ状磁束は非平衡状態であり、その大きさは磁束が超伝導体内に進入するときに決定されることが分かった。この研究では、第一種超伝導体中間状態の磁束模様において、磁束貫通について新たな物理的知見が得られたと考えている。更に、新たな測定手法開発において、半磁性半導体の特性を利用した磁気光学層の作製を行ったことも大きな点である。本研究は、磁気光学効果を利用した磁束観測の発展に貢献できると考えている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、「半磁性半導体 CdMnTe における励起子磁気ポーラロン局在メカニズムの研究」と「半磁性半導体 CdMnTe の巨大ファラデー回転を利用した第一種超伝導体の中間状態における磁束模様の研究」を纏めたものである。

半磁性半導体 CdMnTe の興味深い点は、混晶系特有の電子エネルギーのポテンシャル揺動による励起子局在化現象と、磁性イオンとの交換相互作用が原因となる励起子磁気ポーラロン効果による励起子局在化現象が共存することである。本研究の前半では、局在励起子磁気ポーラロン発光が支配的と考えられていた $\text{Cd}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Te}$ について温度、磁場、励起強度に依存する発光スペクトルの形状を解析した結果、局在励起子磁気ポーラロンと中性アクセプタ束縛励起子磁気ポーラロンの二つの成分が共存していることを結論付けた。更に、これらの局在プロセスを介したアンチストークス発光も新たに発見し、モデルを提唱している。

後半では、第一種超伝導体薄膜に垂直に磁場を掛けた際にみられる中間状態の磁束模様を半磁性半導体ファラデー顕微鏡法で観測し、カレントループモデルを用いて解析を行ったものである。一般に大きなファラデー回転を発現させるためには、磁気光学層と呼ばれる磁性体を超伝導体薄膜の上に被せるが、本研究では磁気光学層として半磁性半導体多重量子井戸を用いることで、半磁性半導体の常磁性と巨大ファラデー回転を利用して磁気光学層の影響を受けることなく磁束模様を正確にかつ高 S/N 比で観測できた。インジウム薄膜の磁束模様は、磁場増大とともにチューブ状から入り組んだラメラ状へと変化した。この磁束模様の変化は定量的に未解明な部分が多いが、カレントループモデルを用いて磁気エネルギーを求め、自由エネルギーを考慮することにより、チューブ→ラメラ状転移を決定するパラメータを得た。またチューブ状磁束は非平衡状態であり、その大きさは磁束が超伝導体内に侵入する際に決定されることなどを明らかにした。

以上のように、本論文は半導体中のスピン制御を利用した光機能創成に貢献するのみでなく、巨大磁気光学効果を利用した超伝導材料の磁束観測の発展にも貢献するもので、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。