

審査の結果の要旨

氏名 寺田 博 (てらだ ひろし)

本論文は、Band structure, spin dependent transport, and device applications of III-V ferromagnetic semiconductor GaMnAs (III-V 族強磁性半導体 GaMnAs のバンド構造、スピン依存伝導、およびデバイス応用) と題し、全 5 章より成り、英文で書かれている。本論文では、III-V 族強磁性半導体 GaMnAs のバンド構造を磁気光学効果により評価し、さらにバンド構造に基づくスピン依存伝導、およびスピン依存伝導を用いた縦型スピントランジスタへの応用についての研究成果を述べている。

第 1 章は「Introduction (序論)」であり、スピントロニクスと強磁性半導体 GaMnAs に関する研究の背景と研究目的を述べている。その中で、III-V 族強磁性半導体 GaMnAs のバンド構造に関する研究の経緯とこれまでの議論について述べ、本論文の研究対象としての位置づけと研究目的を示している。

第 2 章は「Magnetic circular dichroism spectroscopy of GaMnAs」であり、磁気円二色性測定を用いて GaMnAs のバンド構造についての知見を得ている。反射 MCD スペクトルを用いて GaMnAs の誘電率テンソルの非対角成分を導出し、MCD の試料構造依存性を計算することで、従来測定されていた MCD スペクトルが光学的な干渉の影響を強く受けていたことを明らかにしている。さらに、干渉の影響を除いた真の MCD スペクトルを計算し、これを基に GaMnAs のバンド構造について議論し、真の MCD スペクトルの形状は最近の不純物帯伝導モデルと矛盾しないことを示している。

第 3 章は「Spin dependent transport in GaMnAs-based tunnel junctions」であり、GaMnAs を強磁性電極に有するトンネル接合素子においてスピン依存伝導を測定し、バンド構造、磁気異方性との関係を調べている。作製したトンネル接合素子においてトンネル磁気抵抗効果、及び、トンネル異方性磁気抵抗効果を観測している。GaMnAs の磁気異方性、電子構造の対称性、及び、磁場依存性について考慮することで、得られた磁気抵抗の異方性の起源についての知見を得ている。

第 4 章は「Vertical spin electric double layer transistor」であり、GaMnAs を強磁性電極に用いた縦型スピン電気二重層トランジスタを作製し、スピン MOSFET の動作実証を行っている。作製した素子において、サイドゲートからの電界の印加、及び、強磁性電極の磁化の向きにより、それぞれ約 20%、5% のドレイン電流の変調を観測している。さらに作製した試料において、GaMnAs 電極へのサイドゲート電界の印加により、磁気抵抗の変調を観測している。ゲート電界は GaMnAs の一部にのみ印加されているのに対し、GaMnAs 全体の磁気異方性が変調されるような特異な振舞いを観測し、その起源を述べている。

第 5 章は、「結論と展望」であり、本論文で得られた結果のまとめと今後の展望を述べている。

以上これを要するに、代表的な III-V 族強磁性半導体である GaMnAs のバンド構造を磁気光学効果により評価し、さらにバンド構造に基づくスピン依存伝導、およびスピン依存伝導を用いた縦型スピントランジスタへの応用についての研究成果を述べ、特にサイドゲートからの電界印加により GaMnAs 薄膜全体の磁気異方性が変調される特異な振舞いを観測することで電気的手段による磁性薄膜全体の磁気異方性を変調する手法の可能性を示したもので、スピントロニクスおよび電子材料工学の発展に寄与するところが少なくない。よって本論文は、博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。