

本論文は「Epitaxial ferromagnetic MnAs thin films and heterostructures: Growth, structure, magnetic, and spin transport properties (エピタキシャル強磁性 MnAs 薄膜とそのヘテロ構造：成長、構造、磁気特性およびスピン伝導現象)」と題し、英文で書かれている。本論文は、エピタキシャル強磁性 MnAs 薄膜とそのヘテロ構造の成長、構造評価、磁性、伝導および電流による磁化反転現象についての研究成果を記述しており、全9章から成る。

第1章は「Introduction」であり、本研究の背景と本論文の目的を述べている。

第2章は「Fundamental properties of ferromagnetic  $\alpha$ -phase MnAs thin films grown on GaAs」であり、本研究の対象物質である強磁性 $\alpha$ 相 MnAs とその GaAs(001)基板上および GaAs(111)B 基板上への分子線エピタキシー(MBE)成長、その構造、磁性についてまとめている。

第3章は「Epitaxial MnAs/NiAs/MnAs heterostructures grown on GaAs(001) Substrates」であり、強磁性金属 MnAs と非磁性金属 NiAs からなるエピタキシャル MnAs/NiAs/MnAs ヘテロ構造の GaAs(001)基板上への MBE 成長、構造評価、磁気特性、および磁気抵抗に現れたスピンバルブ効果と異方性磁気抵抗効果およびその温度依存性について述べている。

第4章は「Epitaxial MnAs/NiAs/MnAs heterostructures grown on GaAs(111)B Substrates」であり、エピタキシャル MnAs/NiAs/MnAs ヘテロ構造の GaAs(111)B 基板上への MBE 成長、構造評価、磁気特性について述べている。半導体(111)基板上に MnAs/NiAs/MnAs ヘテロ構造を成長したのは御研究が初めてである。

第5章は「Epitaxial MnAs/III-V(GaAs, AlAs)/MnAs heterostructures grown on GaAs(111)B Substrates」であり、強磁性金属 MnAs と GaAs および AlAs 半導体障壁層からなる MnAs/III-V(GaAs, AlAs)/MnAs ヘテロ構造の GaAs(111)B 基板上への MBE 成長、特に MBE 成長中の As フラックスを成長層によって変調させることにより、上部 MnAs 層の品質を最適化させ、半導体障壁層を介した層間磁気結合を抑制できることを示している。

第6章は「Fabrication of 100nm-scale MnAs pillars and their magnetic domain structures」であり、100nm スケールの MnAs ピラーを、電子線リソグラフィ、電子ビーム蒸着、およびイオンミリングなどを用いて微細加工する技術を確立した。また、GaAs(001)および(111)B 基板上に作製した MnAs ピラーの磁気間力顕微鏡による磁気ドメイン観察を行い、GaAs(001)基板上の MnAs ピラーでは磁気異方性が強いことにより単一磁気ドメインを得ることができるが、(111)B 基板上の MnAs ピラーでは磁気ドメインの制御が難しいことを明らかにした。

第7章は「Tunnel magnetoresistance in epitaxial MnAs/GaAs/MnAs magnetic tunnel junctions」であり、GaAs(111)B 基板上に MBE 成長した MnAs/GaAs/MnAs 強磁性トンネル接合(MTJ)を前章の方法により微細加工して 100nm スケールのピラー状の素子を作製し、トンネル磁気抵抗(TMR)効果を観測した。また、ピラー状 MTJ 素子における層間磁気結合が、微細加工していない MTJ における磁気結合より強いことを示した。

第8章は「Current-induced magnetization switching in MnAs-based epitaxial heterostructures」であり、前章までに作製した MnAs を含むヘテロ構造をピラー状に微細加工した素子における、電流による磁化反転現象(CIMS)について述べている。まず、CIMS の原理と理論について説明し、GaAs(001)および(111)B 基板上に MBE 成長した MnAs/NiAs/MnAs/ヘテロ構造のピラー素子、および GaAs(111)B 基板上に MBE 成長した MnAs/GaAs/MnAs/ヘテロ構造のピラー素子において CIMS 現象を観測したこと、磁化反転の電流値のスピントランスファー理論との比較について述べている。

第9章は「Concluding remarks and outlook」であり、本論文全体の成果を総括するとともに、その意義と将来の課題について述べている。

以上のように、本論文では、エピタキシャル単結晶強磁性 MnAs 薄膜とそのヘテロ構造の GaAs(001)および(111)B 基板上への成長を行い、その構造、磁気特性を明らかにし、さらにスピン伝導現象、特に電流による磁化反転現象について新たな知見を得たものであり、電子工学、材料工学、デバイス工学上、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。