

学位論文の要旨

氏名

Adline Ngozi Nwodo

学位論文題目

Magnetic Properties of $Mn_{2-x}Fe_xSb_{1-y}Sn_y$ ($0.05 \leq x \leq 0.15$, $0.05 \leq y \leq 0.1$)
($Mn_{2-x}Fe_xSb_{1-y}Sn_y$ ($0.05 \leq x \leq 0.15$, $0.05 \leq y \leq 0.1$) の磁気特性)

本論文は、正方晶 Cu_2Sb 型構造を有す $Mn_{2-x}Fe_xSb_{1-y}Sn_y$ ($0.05 \leq x \leq 0.15$, $0.05 \leq y \leq 0.1$)の磁気特性について、まとめたものである。本論文は以下の5章により構成されている。

第1章は、磁性体と磁性材料研究の歴史的背景、永久磁石材料、磁場制御型材料、 Mn_2Sb フェリ磁性体結晶構造と磁気特性、フェリ磁性、常磁性、キュリー則、ランジュバン反磁性、反強磁性、強磁性について、これまでに報告されている知見を紹介した後、本研究の目的を記述した。

第2章は、実験方法について述べている。すなわち、試料合成法、結晶構造解析法、ゼロ磁場中X線粉末回折実験、5テスラまでの強磁場中X線粉末回折実験、磁気測定、強磁場磁気測定、振動試料型磁力計、示差走査熱量計について説明した。

第3章は、 $Mn_{1.9}Fe_{0.1}Sb_{0.9}Sn_{0.1}$ の磁場中の磁気特性評価、X線粉末回折測定の結果、および $Mn_{1.95}Fe_{0.05}Sb_{0.95}Sn_{0.05}$ の $Mn_{1.85}Fe_{0.15}Sb_{0.9}Sn_{0.1}$ の磁場中磁気特性評価の結果を示した。この試料の結晶構造は Cu_2Sb -type tetragonal structure (space group $P4/nmm$)であることが示唆された。これらの試料はフェリ磁性(FRI)-反強磁性(AFM)の磁気一次相転移(FOMT)を低温で示さず、ヒステリシスを伴うFRI-常磁性的(PM-like)状態へのFOMTを310-380 K付近で示した。

第4章は、得られた結果について議論した。Feの濃度が増えるに従い、10Kでの磁気モーメントは減少するが、FOMT温度は上昇した。得られた結果は、 $Mn_2Sb_{1-y}Sn_y$ にFeを置換するとAFM相互作用は抑えられ、FRI相互作用は増強することを示している。これらの結果について、AFM-FRI相転移とスピリオリエンテーションをもとに議論されている。

第5章は、本研究で得られた結果についてまとめと将来への展望を記述されている。すなわち、本研究によって、FRI-PM (PM-like) FOMT (擬似FOMT) が Mn_2Sb 系で初めて観測された。この擬似FOMTは0.5T以下の弱い磁場で制御可能である。この結果を受けて、将来への磁場制御材料への進展の方向性を示し、研究はこれからも進められると期待している。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

Magnetic Properties of $\text{Mn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{Sb}_{1-y}\text{Sn}_y$ ($0.05 \leq x \leq 0.15$, $0.05 \leq y \leq 0.1$)

Name: Adline Ngozi Nwodo

Chapter 1 is the introduction, chapter 2 is the experimental methods, chapter 3 is the results, chapter 4 is the discussion, chapter 5 is the summary of the results of this study and suggestion for future work.

Chapter 1 gives a brief history of magnetism and permanent magnetic materials, magnetic-field-controlled materials, structure and magnetic properties of Mn_2Sb compounds, Substitution effects, ferrimagnetism, paramagnetism, Curie's law and Curie-Weiss law, diamagnetism, Langevin diamagnetism Equation, antiferromagnetism, ferromagnetism, and the aim of this work.

Chapter 2 gives experimental methods, sample preparation, structure characterization, X-ray diffraction measurement under zero magnetic field, X-ray diffraction measurement under zero magnetic field, X-ray diffraction measurements under high magnetic field up to 5 T, magnetic measurement, high-field magnetic measurement, vibrating sample magnetometer (VSM), differential scanning calorimetry (DSC).

Chapter 3 presents the results of the magnetic and structural properties of $\text{Mn}_{1.9}\text{Fe}_{0.1}\text{Sb}_{0.9}\text{Sn}_{0.1}$ under magnetic fields. X-ray diffraction study of $\text{Mn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{Sb}_{1-y}\text{Sn}_y$ ($0.05 \leq x \leq 0.15$, $0.05 \leq y \leq 0.1$) indicates a Cu_2Sb -type tetragonal structure (space group $P4/nmm$). Magnetic Properties of $\text{Mn}_{1.95}\text{Fe}_{0.05}\text{Sb}_{0.95}\text{Sn}_{0.05}$ and $\text{Mn}_{1.85}\text{Fe}_{0.15}\text{Sb}_{0.9}\text{Sn}_{0.1}$ under magnetic fields are also presented. $\text{Mn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{Sb}_{1-y}\text{Sn}_y$ ($0.05 \leq x \leq 0.15$, $0.05 \leq y \leq 0.1$) did not show a magnetic transition from ferrimagnetic (FRI) to antiferromagnetic (AFM) at low temperature but the first-order magnetic transition (FOMT) from FRI to paramagnetic (PM)-like state with a thermal hysteresis in the vicinity of 310-380 K.

Chapter 4 discusses the results of the study. With increasing Fe contents in $\text{Mn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{Sb}_{1-y}\text{Sn}_y$ ($0.05 \leq x \leq 0.15$, $0.05 \leq y \leq 0.1$), the magnetic moment of 10 K decreases but the FOMT temperature increase. Obtained results indicate that the substitution of Fe for Mn in $\text{Mn}_2\text{Sb}_{1-y}\text{Sn}_y$ suppresses the AFM interaction and induces the FRI interaction. The results are discussed on the basis of the AFM-FRI transitions and spin reorientation.

Chapter 5: the results of this study were summarized and suggestion for the future work was given. In this study, the FRI-PM (PM-like) FOMT (quasi-FOMT) was observed in the Mn_2Sb system for the first time. The obtained results show that the quasi-FOMT can be easily controlled by magnetic fields below 0.5 T. Future work was suggested to build and expand upon the results of this thesis. This work is in progress.