

論文審査の結果の要旨

氏名 李 受妍

本論文は 8 章からなる。第 1 章は研究背景について概観した後、本研究の目的を述べ、さらに本論文の構成を示している。第 2 章は磁場中の電気抵抗測定から観測される様々な現象について、電気伝導の基礎理論をまとめた上で紹介している。第 3 章は強磁場発生技術について詳しく説明している。さらに、100 テスラ以上の磁場中での従来の研究を概観し、本研究で行う電気抵抗率測定の意義を確認した上で本研究の位置づけを明らかにした。第 4 章は、開発した実験装置について、測定原理と実際の装置の詳細について詳しく述べている。第 5 章は、対象物質である遷移金属酸化物の基本物性について説明している。第 6 章はマンガン酸化物 $\text{Pr}_{0.6}\text{Ca}_{0.4}\text{MnO}_3$ についての磁場誘起絶縁体金属転移の観測と決定された相図について述べられている。第 7 章はコバルト酸化物 $(\text{Pr}_{1-y}\text{Y}_y)_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{CoO}_3$ ($y=0.075, 0.10$) についての磁場誘起絶縁体金属転移の観測結果と相図が示された後、相転移機構について考察がなされている。第 8 章は研究の総括である。

本論文は、100 テスラを超える強磁場中での固体の電気伝導特性の研究が世界的にも発展途上であることに着眼し、遷移金属酸化物の磁場誘起絶縁体金属転移を研究課題とする一方で、装置開発にも重点をおいて執筆されている。主題は大きく 2 つに分かれ、その 1 つは超強磁場における電気抵抗率測定技術の開発、他の 1 つは遷移金属酸化物の磁場誘起絶縁体金属転移の観測と相転移機構の理解である。

第 4 章では、具体的な実験装置開発について詳しく紹介している。100 テスラを大きく超える磁場は破壊型と呼ばれる手法で可能になるが、機械的な破壊現象に加えて、最大約 2 百万アンペアの電流がパルス幅約 8 マイクロ秒の高速で流れるなど、電気測定には過酷な環境である。この問題を克服するため 100 ~ 400 MHz の高周波変調測定技術を用い、さらに非接触の透過法を採用している。信号検出用の微小コイルや冷却装置の作製、信号経路の設計、電磁シールドなどの工夫について詳細に説明されている。実験後の解析から透過信号強度を測定試料の電気抵抗率に変換できることを確認し、汎用性のある実験装置として完成したことが確認されている。

第 6 章では $\text{Pr}_{0.6}\text{Ca}_{0.4}\text{MnO}_3$ についての磁場誘起絶縁体金属転移の観測について述べられている。 $\text{Pr}_{0.6}\text{Ca}_{0.4}\text{MnO}_3$ の絶縁体金属転移はすでに 20 テスラまでの磁場中で生じることが知られているが、主にパルス磁場の高速掃引に主眼をおいて議論されている。得られた磁場温度相図は、過去の直流磁場中での相図と比べて広いヒステリシス領域が明らかになったが、これは 1 次相転移の特徴である。特に、低温では磁場で誘起された金属状態が準安定状態のままゼロ磁場まで残留することを初めて観測している。

第 7 章は $(\text{Pr}_{1-y}\text{Y}_y)_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{CoO}_3$ ($y=0.075, 0.10$) についての 120 テスラまでの超強磁場中での磁場誘起絶縁体金属転移の観測と相図の決定について述べられている。 $(\text{Pr}_{1-y}\text{Y}_y)_{1-x}\text{Ca}_x\text{CoO}_3$ は鋭い 1 次の金属絶縁体転移が温度変化で生じることから注目されており、Co のスピン状態転移が同時に起きていると期待されている。転移磁場は低温に

なるほど高磁場になり、別の典型的スピン転移物質である LaCoO_3 の転移磁場が温度にほとんど依存しないことと対照的であることを明らかにしている。クラウジウス-クラペイロンの式から、相境界はエントロピーの変化が支配していることが示されたが、また一方で、スピン転移に関するエネルギーギャップに温度依存性が存在する可能性も指摘している。これは、ここ 2-3 年でこの物質群で発見された Pr イオンの価数変化を考慮すれば説明できることを定性的に説明している。

本論文では最高 120 テスラという極限的な強磁場において電気抵抗率測定を可能にしたが、このことは、強相関電子系物質の磁場誘起相転移の研究に新しい展開をもたらすと期待される。また、 $\text{Pr}_{0.6}\text{Ca}_{0.4}\text{MnO}_3$ 、 $(\text{Pr}_{1-y}\text{Y}_y)_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{CoO}_3$ ($y=0.075, 0.10$) の磁場誘起絶縁体金属転移においては、磁場の高速性に起因した特徴的な現象や、磁場誘起相転移の機構について新たな可能性を提案するなど、絶縁体金属転移の理解を深めた。

なお、本論文の第 4 章と第 6 章、及び第 7 章は、松田康弘、中村大輔、池田暁彦、嶽山正二郎各氏との共同研究であり、それに加え、第 4 章は廣井善二、徳永将史各氏との、第 6 章は有馬孝尚氏、第 7 章は内藤智之氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発及び実験・解析・考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1 9 8 5 字