

論文審査の結果の要旨

氏名 吉 清 ま り え

本論文は全 6 章より構成されており、第 1 章では研究の背景と目的、第 2 章ではイプシロン酸化鉄のフォノンモード計算および遠赤外吸収特性、第 3 章ではガリウム置換型イプシロン酸化鉄のフォノンモード計算、磁気特性、赤外吸収およびラマン散乱特性、熱力学的状態量計算およびその実測、第 4 章ではインジウム置換型イプシロン酸化鉄の磁気特性およびミリ波吸収特性、第 5 章ではアルミニウム置換型イプシロン酸化鉄のミリ波領域における磁気回転現象、第 6 章では研究の総括とその展望について述べられている。以下に各章の概要を示す。

第 1 章では、本研究の背景として三酸化二鉄(Fe_2O_3)の四つの相、アルファ相、ベータ相、ガンマ相、イプシロン相についての特徴が述べられており、特にイプシロン酸化鉄が大きな保磁力や高周波ミリ波吸収特性を示すことが説明されている。また、イプシロン酸化鉄の各種合成法に加え、電子状態計算を通じて磁気異方性の起源についても紹介されている。

第 2 章では、イプシロン酸化鉄のフォノンモード計算により、赤外活性な光学フォノンモードから遠赤外吸収スペクトルを算出し、実測の遠赤外吸収スペクトルと一致することを示した上で、2.5 から 25 THz の領域に観測される各振動モードと結晶軸に対する原子の動きの関係について明らかにしている。

第 3 章では、ガリウム置換型イプシロン酸化鉄のフォノンモード計算により、遠赤外吸収および中赤外吸収スペクトルを構築し、合成試料の遠赤外、中赤外、ラマン散乱スペクトルの実験結果と一致することを確認している。その上で、鉄とガリウムの重原子を主としたフォノンモードが低周波領域に、軽元素である酸素のフォノンモードが高周波領域に存在することを明らかにしている。また、フォノンモード計算から内部エネルギー、エントロピー、ヘルムホルツ自由エネルギーなどの熱力学的状態量を予測し、実測の熱容量の温度依存性から導かれる各種熱力学的状態量との整合性を確認した上で、熱力学的状態量の理論予測が可能であることを示している。

第 4 章では、インジウム置換型イプシロン酸化鉄の合成について述べ、粉末 X 線回折パターンから結晶構造を決定した。磁化測定の結果から、インジウム置換量の増加に伴い保磁力が 22 から 6 kOe へと減少することを確認したとともに、テラヘルツ時間領域分光法により、ゼロ磁場強磁性共鳴周波数が 182 GHz から 110 GHz へと低周波シフトすることを示した。また、保磁力およびミリ波共鳴周波数の変化の起源が、非磁性のインジウムイオンの置換効果による磁気異方性の減少であることを明らかにしている。

第 5 章ではアルミニウム置換型イプシロン酸化鉄の合成、結晶構造、磁気特性について述べ、テラヘルツ時間領域分光法によるミリ波領域における偏光測定において、回転角スペクトルおよび楕円率スペクトルが試料の磁極方向に応じて反転することを示し、このミリ波領域における回転特性が電磁波の磁場成分によるものであることを明らかにしている。

第 6 章では、研究を総括するとともに、イプシロン酸化鉄および金属置換型イプシロン

酸化鉄についてのミリ波吸収材料および磁気記録材料としての展望について述べており、次世代の新しい磁気記録方式への展開についても記されている。

本論文では、イプシロン酸化鉄および金属置換型イプシロン酸化鉄を研究対象として、フォノンモード計算およびミリ波からテラヘルツ波領域 (30 GHz から 30 THz) にわたる各種分光測定から、格子振動、熱力学的状態量、および磁化の歳差運動を明らかにした。実用化が進んでいるイプシロン酸化鉄とその金属置換体をベースとした新規ミリ波吸収材料および磁気記録材料の開発につながる結果であり、当該研究分野を発展させるものであると評価できる。

なお、本論文第2章は、大越慎一氏、生井飛鳥氏、山岡武博氏、井元健太氏、奈須義総氏、阿南静佳氏、梅田喜一氏、中川幸祐氏、所裕子氏との共同研究、本論文第3章は、大越慎一氏、梅田喜一氏、小峯誠也氏、藤原礼衣氏、所裕子氏、千葉貢治氏、副島武夫氏、生井飛鳥氏、宮本靖人氏、奈須義総氏、井元健太氏との共同研究、本論文第4章は、生井飛鳥氏、中嶋誠氏、山口啓太氏、末元徹氏、大越慎一氏との共同研究、本論文第5章は、生井飛鳥氏、大越慎一氏、中川幸祐氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の理由から、博士（理学）の学位を授与できると認める。