論文審査の結果の要旨

氏名　林　佑

本論文で論文提出者は地球外物質の精密分析を目指した高分解能 X 線分光システムの開発を行った。本論文は 10 章からなる。第 1 章はイントロダクションである。太陽系の形成と進化を理解する上で、地球外物質を調べることが重要であり、走査透過型電子顕微鏡（STEM）とエネルギー分散型分光器（EDS）を組み合わせた分析システムが重要であることを述べている。ただし、これまで主に使われていたシリコンドリフト型検出器（SDD）の分解能が悪く、定量分析に大きな不定性をもたらしていた。そこで、高分解能、高計数率、広 X 線帯域が同時に期待できる測定器として超伝導体遷移端（TES）型 X 線マイクロカロリメータに注目し、開発を行い、TES マイクロカロリメータアレイを用いた STEM 用 EDS システムの開発を行った経緯を概説する。第 2 章では STEM-TES-EDS を用いた物質の精密分析の現状をレビューする。第 3 章では STEM-TES-EDS プロジェクトについて述べ、装置の概念および構成について説明する。第 4 章では TES 型 X 線マイクロカロリメータと読み出し用の超伝導量子干渉計 SQUID アレイ増幅器（SAA）に関する原理について述べる。第 5 章では TES マイクロカロリメータアレイの開発（設計、製作、試験、評価）について述べる。第 6 章では STEM-TES-EDS 用に開発した検出器ヘッド(TES-配線-SAA が主要構成要素)について述べる。第 7 章では STEM-TES-EDS のシステムとして統合した状況を示した。64 チャンネルすべてを動作させることはできなかったが、稼働した 19 チャンネルによる性能評価について述べる。第 8 章では、橄欖石のサンプルで、TES EDS によって、従来の SDD EDS では見えなかった微細構造を見ることができた。較正と解析方法について説明し、求めた較正用 K 因子を用いて二酸化ケイ素の酸素とケイ素の比率が真値と統計的誤差の範囲で一致する検証実験について述べる。第 9 章では理想的な条件でモンテカルロシミュレーションを行い、これまで主流の測定器 SDD より今回の TES による解析で系統的誤差が大いに向上することを示した。第 10 章は結論である。従来の SDD では 120 eV 程度の FWHM の分解能であったが、TES のシステムでは 10 eV 以下の分解能を 4.5 キロカウント毎秒の計数率で得られた。64 チャンネル稼働すればより高い計数率が可能である。この STEM-TES-EDS の分析システムにより、地球外物質の研究に対して大きな研究結果を期待できるだけでなく、広範囲な材料分析に有用であると期待される。

この論文は、満田和久、前久景星、高野彬、前畑京介、日高睦夫、善本翔大、山崎典子、山森弘毅、村松はるか、原徹との共同研究であるが、論文提出者が主体となって装置の開発・統合、データ取得・解析、系統的誤差の評価を行ったもので、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（理学）の学位を授与できると認める。