

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11597 号
------	---------------

氏 名 GHODKE Swapnil Chetan

論文題目

Effect of grain boundaries and partial substitution of transition metals on thermoelectric properties of higher manganese silicide
(結晶粒界と遷移金属の部分置換が高マンガンシリサイドの熱電特性に与える影響)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	生田 博志
委員	名古屋大学	教授	齋藤 晃
委員	名古屋大学	准教授	伊藤 孝至
委員	名古屋大学	准教授	飯田 和昌
委員	豊田工業大学	教授	竹内 恒博

論文審査の結果の要旨

GHODKE Swapnil Chetan君提出の論文「Effect of grain boundaries and partial substitution of transition metals on thermoelectric properties of higher manganese silicide (結晶粒界と遷移金属の部分置換が高マンガンシリサイドの熱電特性に与える影響)」は、低環境負荷で資源的にも豊富な元素で構成される新規熱電材料として期待される高マンガンシリサイド $MnSi_{\gamma}$ の熱電特性に対する、結晶粒界と遷移金属部分置換が与える効果を明らかにし、実用材料開発に対する指針を与えたものである。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、熱電発電の原理、これまでの材料開発の歴史、現在の研究課題などを概観し、これらを踏まえて本研究の目的を述べている。

第2章では、これまでの理論的研究などに基づき、より性能指数の高い熱電材料を得るための条件を示すとともに、本研究で取り上げる高マンガンシリサイドがこれらの条件を満たし得る有望な材料であることを述べている。また、近年いくつかの系で報告されているエネルギーフィルタリング効果について述べ、これらを踏まえて、本研究では高マンガンシリサイドに対してキャリア量制御、重元素置換効果、およびエネルギーフィルタリング効果の3つの観点から、熱電特性の向上を図ることが述べられている。

第3章では、本研究で用いた試料作製方法を説明するとともに、様々な評価法の原理等について述べている。

第4章では、MnとSiの組成比が異なる試料を作製し、析出不純物によるエネルギーフィルタリング効果について調べた。その結果、MnもしくはSi過剰組成についてはゼーベック係数に大きな違いは生じず、この系では不純物によるエネルギーフィルタリング効果は大きくないことがわかった。しかし、液体急冷法を用いて通常よりも結晶粒サイズの小さい試料を作製したところ、組成に関わらずゼーベック係数が増大し、結果として高マンガンシリサイドの性能指数も増大した。このことは、この系の粒界によるエネルギーフィルタリング効果が熱電特性の向上に寄与することを示している。

第5章では、Crの置換効果について調べている。まず、液体急冷法を用いることで、従来の作製方法に比べてより高い組成比までCr置換が可能であることが明らかにされた。また、置換前より微細な結晶粒が得られ、Crの高置換領域で高い性能指数を示すことが明らかにされた。

第6章では、WおよびFeの置換効果について調べている。これらの元素も、液体急冷法を用いることで従来よりも高い組成比まで置換可能であることが明らかにされた。また、W置換により電子状態に影響を与えずに格子熱伝導を下げることが可能であり、結果として性能指数が増大した。さらに、Feも同時に置換することでキャリア量制御を行い、従来のp型に加え、n型でも高い性能指数を持つ試料を作製できることが示された。

第7章では、これまでの成果を踏まえ、さらにReを部分置換した時の効果について調べている。その結果、液体急冷法により結晶粒がさらに小さい試料が得られ、エネルギーフィルタリング効果によりパワーファクターが増大することが明らかにされた。さらに、アニール効果による結晶性向上で電気抵抗が下がり、試料形態のために熱伝導度測定ができずに推測値ではあるものの、性能指数は1.4と非常に高いと推定されることが明らかになった。

第8章では、本研究を総括し、得られた研究成果をまとめている。

以上のように本論文では、高マンガンシリサイド $MnSi_{\gamma}$ の熱電特性に結晶粒界と遷移金属の部分置換が与える効果を明らかにし、これらを組み合わせることで従来よりも高い性能指数を有する材料が得られることを示した。これらの結果は、低環境負荷で資源的にも豊富な元素で構成される新規熱電材料を実現するために重要な知見であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者であるGHODKE Swapnil Chetan君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。