OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Thermoelectric Properties of Nanostructured Eutectic Alloy Fabricated by Rapid Solidification
Author(s)	Bin Norizan, Mohd Natashah
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72410
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name	(Mohd Natashah Bin Norizan)
Title	Thermoelectric Properties of Nanostructured Eutectic Alloy Fabricated by Rapid Solidification (急冷凝固法により作製されたナノ構造共晶合金の熱電特性)

Abstract of Thesis

Thermoelectric is a technology dealing with direct conversion of thermal waste energy into electrical power. The efficiency of thermoelectric energy generator is restricted by dimensionless figure of merit (ZT). Thermal conductivity reduction is needed to achieve high ZT while maintaining or increasing the electrical properties. The purpose of this study is to propose a new material fabrication method which enables thermal conductivity reduction without degradation of electrical properties, using both melt-spinning (MS) rapid solidification technique and eutectic phase separation.

In the first chapter, thermoelectric conversion, theoretical background of thermoelectric properties, solidification techniques and eutectic phase separation are described and the literature data are reviewed. Based on the above, a newly proposed fabrication method and the purpose of this study are introduced.

The second chapter explains the methodology to synthesize and characterize the materials used in this research. The first section describes the preparation methods of arc-melting (AM) and quench-melting (QM) technique for the ingot, MS for rapidly cooled thin ribbons/flakes, and spark plasma sintering (SPS) for the densification. The second section describes the measurement technique of thermoelectric and physical properties.

The third chapter demonstrates the fabrication of p-type $Si/CrSi_2$ eutectic alloy by using MS technique. The eutectic lamellar spacing size is downsized to the nanometer range. Decreasing the rotation speed increases the average spacing, which confirms that this fabrication technique can control the size and produce nanostructured composite thermoelectric materials. It is confirmed that the thermal conductivity can be reduced by 65 %, which results in the enhancement of ZT value.

The fourth chapter investigates bulk n-type $Si/CrMnSi_2$ eutectic alloy by adopting MS technique and SPS process. High density bulk samples have been produced from the melt-spun ribbons. The MS-SPS sample microstructure is effectively refined compared to AM-SPS sample even though grain growth occurs through the sintering process. Through the microstructure refinement, thermal conductivity decreases but the power factor is not deteriorated in spite of the high density interfaces between the Si and silicide phases. The results indicate that the MS-SPS processes can produce clean interfaces, which is preferable for thermoelectric performance.

The fifth chapter investigates Bi-Sb alloy and InSb eutectic composite fabricated by MS-SPS. The submicrometer-sized composites are successfully obtained. The structure can reduce the thermal conductivity by 35 % and slightly increase the ZT value. This confirms that the new fabrication technique can be applied to various thermoelectric material systems.

The sixth chapter summarizes the overall development on the self-assembly fabrication processes using eutectic phase separation, rapid solidification and SPS. It is concluded that the new fabrication technique can provide fine nanostructured composites and is promising method to improve the thermoelectric performance.

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（ MOHD NATASHAH BIN NORIZAN）		
論文審査担当者	（職）	氏	名
	主 査	准教授	牟田　浩明
	副 査	教 授	山本　孝夫
	副 査	教　授	北田　孝典
	副 査	准教授	黒﨑　　健

論文審査の結果の要旨

熱電変換は熱と電気エネルギー間の直接変換である。その変換効率は無次元性能指数ZTで与えられ、このZTおよび変換効率の向上には、電気的特性を維持しつつ熱伝導率を低減することが必要となる。これを達成するために、本研究では共晶反応による相分離と液体急冷法を組みあわせた新しい試料合成方法を提案する。

第一章では熱電変換、熱電物性の理論的背景、共晶反応の基礎および従来の急冷法についてまとめられている。これに基づき、本研究で提案する新手法と研究目的について示されている。

第二章では提案する合成方法の詳細と、物性測定方法について述べられている。

第三章ではp型Si/$CrSi_2$共晶試料を液体急冷法で作製し組織および熱電特性を測定している。ラメラ組織の間隔は冷却速度によってよくコントロールでき、また条件によりナノメートルサイズまで低減されうることを明らかにしている。この組織微細化により、同組成の炉冷材と比較して熱伝導率は1/3に減少し、ZT値は大きく向上している。

第四章では同手法で作製したn型の$Si/CrMnSi_2$共晶急冷材より、放電プラズマ焼結法によってバルク試料を合成し組織と特性評価を行っている。焼結により粒成長が起こったものの、炉冷材と比較して1/10程度の大きさの組織が得られている。作製したバルク試料の熱伝導率は低減された一方で、電気的特性の劣化は見られず、本手法において相分離により形成された界面はクリーンであり、ZT向上に有効であることを示している。

第五章は全く異なる系への適用として、Bi-Sb/InSb共晶試料を作製し評価している。サブミクロンサイズの組織が得られ、35%程度の熱伝導率低減とある程度のZT向上が確認されている。本結果より提案する手法は多様な熱電材料系に適用し得ることを示している。

第六章では以上を総括し、提案する作製手法が熱電特性の向上に有効であるとまとめている。

以上のように、本論文では電気的特性を維持しつつ熱伝導率を低減する新しい試料合成方法を提案しており、これが実験により多様な系に対して性能向上に有効であることを明らかにしている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。