

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОГО РАСТВОРА $\text{Mg}_2\text{Si}_{0.4}\text{Sn}_{0.6}$ ЛЕГИРОВАННОГО СУРЬМОЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОВКЛЮЧЕНИЙ TiO_2 **Дашина З.А. (ИТМО), Асач А.В. (ИТМО), Исаченко Г.Н. (Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе)****Научный руководитель – к.ф.-м.н., с.н.с. Исаченко Г.Н. (Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе)**

Введение. Термоэлектрическое преобразование энергии – один из способов прямого преобразования энергии, позволяющий вырабатывать электрическую энергию, используя любую тепловую энергию любой природы в качестве источника. Эффективность термоэлектрического преобразования зависит как от градиента температур, так и от эффективности материалов устройства, свойства которых определяются обобщенным параметром безразмерной термоэлектрической добротности $ZT = S^2\sigma T/\lambda$. Среди перспективных термоэлектрических материалов рассматриваются твердые растворы на основе силицида магния. Последние работы показывают, что при оптимизации составов и технологий синтеза возможно получить ZT близкое 1.5-1.6 [1,2]. В данной работе рассматривается возможность улучшения термоэлектрической добротности путем добавления в твердый раствор нановключений [3,4], для снижения решеточной составляющей теплопроводности ($\lambda_{\text{реш}}$). В работе будут исследованы теплофизические свойства твердого раствора $\text{Mg}_2\text{Si}_{0.4}\text{Sn}_{0.6}$ легированного сурьмой с добавлением нановключений TiO_2 в различной концентрации.

Основная часть. Для исследования была приготовлена серия прессованных образцов по уже отработанной методике [5]. Исследуемый состав получался непосредственным сплавлением исходных компонентов в соотношении согласно стехиометрической формуле $\text{Mg}_2(\text{Si}_{0.4}\text{Sn}_{0.6})_{0.99}\text{Sb}_{0.01}$ посредством прямого индукционного нагрева. В качестве материала нановключений использовался порошок TiO_2 с размерами частиц около 200 нм. Слитки материала и порошок диоксида титана размалевались совместно в планетарно-шаровой мельнице, а затем методом горячего прессования консолидировались в образцы в виде шайбы диаметром 22 мм и высотой 9-10 мм. Таким образом были получены и исследованы легированные образцы $\text{Mg}_2\text{Si}_{0.4}\text{Sn}_{0.6}$ содержащие 0.5, 1 и 2% об.% наночастиц TiO_2 . Теплопроводность и удельная теплоемкость измерялись методом горячего диска в диапазоне температур от 300 К до 500 К.

По результатам эксперимента были получены температурные зависимости теплопроводности и удельной теплоемкости. Теплопроводность образцов составила 2.6-3.1 Вт/(м·К), что хорошо согласуется с данными других исследований [1,2]. Выявлена зависимость теплопроводности образцов от процентного содержания нановключений, с ростом концентрации примеси значение теплопроводности снижается. Теплоемкость образцов также снижается с увеличением концентрации нановключений.

Незначительное снижение электропроводности с увеличением концентрации TiO_2 при одинаковой концентрации электроактивной примеси говорит о влиянии нановключений на подвижность свободных носителей.

Выводы. Исследование влияний нановключений TiO_2 на теплофизические свойства показало, что при концентрации до 2 об.% наблюдается снижение теплопроводности при сохранении электрических свойств. Теплоемкость образцов снижается с увеличением концентрации нановключений, но сохраняет свой характер зависимости от температуры.

Список использованных источников:

1. Guo W. et al. Improving n-type thermoelectric performance of $\text{Mg}_2\text{Si}_{0.4}\text{Sn}_{0.6}$ compounds via high pressure and Sb doping // Journal of Alloys and Compounds. – 2024. – Т. 1002. – С. 175366.

2. Wang B. et al. Enhanced thermoelectric performance of Sb-doped $\text{Mg}_2\text{Si}_{0.4}\text{Sn}_{0.6}$ via doping, alloying and nanoprecipitation //Journal of Materiomics. – 2024. – T. 10. – №. 2. – C. 285-292.
3. Wang S., Mingo N. Improved thermoelectric properties of $\text{Mg}_2\text{Si}_x\text{Ge}_y\text{Sn}_{1-x-y}$ nanoparticle-in-alloy materials //Applied Physics Letters. – 2009. – T. 94. – №. 20.
4. Tazebay A. S. et al. Thermal transport driven by extraneous nanoparticles and phase segregation in nanostructured $\text{Mg}_2(\text{Si}, \text{Sn})$ and estimation of optimum thermoelectric performance //ACS applied materials & interfaces. – 2016. – T. 8. – №. 11. – C. 7003-7012.
5. Isachenko G. N. et al. Thermoelectric Properties of Nanostructured p- $\text{Mg}_2\text{Si}_x\text{Sn}_{1-x}$ ($x=0.2$ to 0.4) Solid Solutions //Journal of Electronic Materials. – 2016. – T. 45. – C. 1982-1986.