

ОТЗЫВ

на диссертацию Панченко Виктории Петровны
**«Получение термостабильного среднетемпературного
термоэлектрического материала в системе Zn-Sb»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.3 – Технология и оборудование для производства
материалов и приборов электронной техники

Диссертационная работа В.П.Панченко относится к актуальной тематике термоэлектрического преобразования энергии. Термоэлектрическое преобразование тепла окружающей среды, бросового тепла (так называемое energy harvesting) - это одно из перспективных направлений альтернативной энергетики с целым комплексом достоинств.

Здесь уже много лет ключевой проблемой-задачей является поиск эффективных термоэлектрических материалов, которые могли бы обеспечить увеличение эффективности термоэлектрических преобразователей, сравнительно не высокой пока, и, с другой стороны, были бы технологичны для широкого практического применения.

Автор работы логично и обоснованно выбрал для исследовательской работы один из известных как перспективный на сегодняшний день термоэлектрический материал - β - Zn_4Sb_3 , как обладающий потенциально высокими термоэлектрическими свойствами в среднетемпературном диапазоне термоэлектрических преобразователей (300-600°C). Но этот материал сравнительно малоизученный для практических применений, кроме того сложный в получении из-за ограниченной температурной стабильности.

С практической точки зрения, следует отметить, что термоэлектрические материалы из системы Zn-Sb и твердые растворы на их основе имеют потенциальные преимущества перед уже применяемыми в этом температурном диапазоне (300-600°C) материалами на основе халькогенидов свинца и германия. Соединения свинца с 2006 года повсеместно исключаются из практического применения, в частности по европейской директиве RoHS (Restriction of Hazardous Substances - ограничение использования опасных веществ), а германий и теллур относятся к дорогим элементам. Поэтому задача замены таких материалов на более экологически приемлемые и экономически эффективные термоэлектрические материалы является актуальной на повестке дня.

Таким образом, работа В.П.Панченко, посвященная разработке технологии получения термоэлектрического материала на основе $\beta\text{-Zn}_4\text{Sb}_3$, является актуальной, своевременной и практически значимой.

В представленной работе были использованы и проведено сравнение двух современных технологических схем получения термоэлектрического материала состава $\text{Zn}_{4+x}\text{Sb}_3$. В первой схеме синтез материала осуществляли методом прямого механохимическим синтеза (МХС), во второй – сплавлением компонентов заданной стехиометрии. Компактирование образцов в обоих случаях проводили методом искрового плазменного спекания (СПС). В результате исследования фазового анализа, термоэлектрических свойств и термостабильности полученных образцов в диапазоне рабочих температур (300-700К), было установлено преимущество сплавного метода синтеза изучаемого материала перед МХС.

В работе было показано, что для воспроизводимого получения однофазного материала Zn_4Sb_3 необходимо проводить синтез с избыточным содержанием цинка в исходной шихте. Определен предел растворимости цинка в твердом растворе внедрения на основе соединения $\beta\text{-Zn}_4\text{Sb}_3$. Показано, что для получения термостабильной структуры и улучшения термоэлектрических характеристик материала, необходимо легирование индием. Определен механизм и предел растворения In в Zn_4Sb_3 . В результате были установлены режимы синтеза, концентрация избыточного цинка, концентрация индия, режимы компактирования необходимые для воспроизводимого получения термостабильного материала с высокой термоэлектрической добротностью $ZT=1,55$ при 673 К.

Работа выполнена на хорошем научном уровне с применением современных технологических приемов (методы МХС, СПС и др.), с применением современных тонких методов исследований (сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, методы лазерной вспышки и сканирующей калориметрии и др.), в чем автор продемонстрировал профессионализм, хорошие знания и умения грамотного применения, качественной и количественной интерпретации полученных результатов.

Полученные результаты по оптимальным составам и режимам получения среднетемпературного термоэлектрического материала на основе $\beta\text{-Zn}_4\text{Sb}_3$, количественные характеристики физических свойств этого материала, зависимости несомненно представляют практический интерес.

В целом работа производит благоприятное впечатление, однако, можно отметить некоторые недостатки:

Учитывая, что целью работы являлась разработка технологии получения материала, в аналитическом обзоре литературы недостаточно внимания было уделено известным методам получения материала на основе Zn_4Sb_3 .

Также стоит отметить, что материал состава $ZnSb$ является известным термоэлектрическим материалом. Несмотря на то, что он не являлся объектом исследования в данной работе, можно было описать характерные для него свойства и сравнить с полученным в работе материалом Zn_4Sb_3 , тем более что, в практической части работы ставилась задача максимально уйти от «мешающего» состава $ZnSb$ к более эффективной фазе β - Zn_4Sb_3 .

Однако отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки представленной диссертационной работы.

Диссертационная работа Виктории Петровы Панченко соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 “О порядке присуждения ученых степеней” №842 от 24.09.2013 г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники.

Генеральный директор ООО «ПЛ Инжиниринг»,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

12.09.2022 г.



Г.Г. Громов

Общество с ограниченной ответственностью «ПЛ Инжиниринг»
115230, г. Москва, Варшавское ш., д. 46, +7-985-769-9531,
info@promln.com