

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Кабгова Хамдама Бобомуродовича на тему «СИНТЕЗ, РОСТ МОНОКРИСТАЛЛОВ, СВОЙСТВА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФАЗ ЦИНТЛЯ», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности: 02.00.01- неорганическая химия.**

Отзыв составлен на основании решения диссертационного совета Д 047.033.03 при Институте химии имени В.И. Никитина Академии наук Республики Таджикистан.

Представленная на оппонирование диссертационная работа изложена 134 страницах компьютерного набора, состоит из введения, четырёх глав, 126 иллюстрированных рисунков, 41 таблицы и списка использованной литературы из 149 наименований.

Рассмотрение диссертационной работы, автореферата и опубликованных работ по теме диссертации Кабгова Хамдама Бобомуродовича позволяет установить следующее:

### **Актуальность темы диссертационного исследования.**

Диссертационная работа посвящена поиску новых термоэлектрических материалов, синтезированных на основе интерметаллических соединений с редкоземельными металлами, что само по себе является весьма интересной областью современного материаловедения. Вопрос всестороннего изучения свойств новых фаз Цинтля напрямую связан с освоением новых (альтернативных) источников энергии, и с этой точки зрения работа привлекает внимание своей актуальностью и перспективой дальнейшего практического выхода. Второй и не менее важной гранью данной работы является создание новых соединений, рассматриваемых в качестве магнитных материалов, поскольку синтезированные и комплексно изученные соединения  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$ , где  $Ln = Pr, Y, Yb_{14}MnSb_{11}$  и его твердые растворы в системах  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$ , где  $Ln = Pr, Y, Gd, Dy; Yb_{14-x}Ni_xMnSb_{11}$  представляют практический интерес в данном направлении.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.**  
Обоснованность полученных оригинальных результатов Кабгова Хамдама Бобомуродовича достаточно высока и подтверждается большим объёмом использованного материала, анализом имеющейся по данной тематике литературы, конкретностью статистической обработки результатов, применением надёжных и успешно апробированных методик физико-

химических, электрофизических исследований, личным участием в лабораторных исследованиях.

лабораторных исследований.

Выполненная экспериментально-теоретическая работа вносит важный вклад в теорию современного материаловедения полупроводников, что в теоретическом (и педагогическом) аспекте позволит применять данный материал в курсе лекций по современному материаловедению. Полученные в диссертационной работе данные по физико-химическим свойствам монокристаллов внесут свой вклад, пополнив банк термодинамических величин новыми данными по термоэлектрическим материалам.

Работа Кабгова Х.Б. имеет большой экспериментальный объём, представленные диссертантом выводы корректны и объективно отражают содержание представленной к защите работы.

**Достоверность и новизна, полученных результатов.** Достоверность результатов работы диссертанта обусловлена и подтверждается использованием современных физико-химических методов исследования таких, как: микроЗондовое исследование монокристаллов с использованием сканирующего электронного микроскопа (Hitachi TM-1200) с энергодисперсионным спектрометром (Swifted-TM apparatus), исследование термического расширения с помощью индикаторного дилатометра, высокотемпературный термический анализ, рентгеноструктурный анализ (с дифрактометром Philips PW 1830), калориметрическое исследование (с помощью модифицированной установки). Благодаря перечисленным методам определены температуры Дебая для многокомпонентных систем и индивидуальных соединений, получены дифрактограммы синтезированных кристаллов, определены коэффициенты термического расширения, изучена кинетика окисления кристаллов, энергии активации  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  и индивидуальных соединений.

В диссертационной работе Кабгова Х.Б. имеются следующие научные результаты:

- результаты.

  1. Определены условия синтеза и роста монокристаллов твердых растворов, которые охарактеризованы рентгеноструктурным и микрозондовым методами, определены типы кристаллической решетки, параметры решеток и их зависимость от состава.
  2. Измерены температуры плавления, коэффициенты термического расширения, рассчитаны температуры Дебая синтезированных соединений с участием лантаноидов (Pr, Y, Gd и Dy).
  3. Изучены процессы окисления синтезированных материалов, определены величин истинной скорости окисления и кажущейся энергии активации;
  4. Методом калориметрии определены энталпий растворения твердых растворов и индивидуальных соединений исследуемых материалов.

Научная новизна диссертационной работы Кабгова Хамдама заключается в синтезе твердых растворов типа  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$ , где  $Ln - Pr, Y, Gd, Dy$ ;  $Yb_{14-x}Ni_xMnSb_{11}$ , кристаллизующихся в тетрагональной структуре, определении параметров решетки; установлении и подтверждении методом микрозондирования вхождения в кристаллическую структуру  $Yb_{14}MnSb_{11}$  входит только  $x \approx 0.46-0.50$   $Ln$  и  $x \approx 0.01-0.03$   $Ni$ ; в синтезе соединений  $YbMn_2Sb_2$ ,  $YbMn_2Bi_2$  и  $Yb_{11}GaSb_9$ ,  $Yb_{11}InSb_9$ ; исследовании процесса плавления синтезированных кристаллов; изучении термического расширения, нахождении коэффициентов термического расширения и температур Дебая полученных твердых многокомпонентных систем и индивидуальных соединений; в определении величин истинной скорости окисления и кажущейся энергии активации  $Yb_{14}MnSb_{11}$ , твердых растворов и индивидуальных соединений; в исследовании процессов растворения полученных материалов в растворе соляной кислоты, нахождении теплоты растворения.

Анализ содержания представленной работы даёт основание заключить, что диссертационная работа Кабгова Х.Б. выполнена на высоком научном уровне. Представленные в работе выводы научно обоснованы, в полном объёме отражают результаты проведенных исследований и являются логическим завершением полученного экспериментального материала.

**Вклад автора.** Непосредственное участие автора состоит в анализе литературных данных, в подготовке и проведении экспериментальных исследований в лабораторных условиях, анализе и обобщении полученных результатов, в формулировке основных положений и выводов диссертации.

**Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов.**

Диссертационная работа Кабгова Х.Б. имеет как теоретическую, так и практическую значимость. Полученные результаты новых материалов позволяют использовать их в установках для перевода тепловой энергии в электрическую и передачи этой энергии на большие расстояния. В лаборатории Калифорнийского университета Jet Propulsion laboratory проводятся исследования полученных диссидентом материалов для создания электрических генераторов.

Теоретическая значимость работы заключается в использовании полученных результатов по физико-химическим свойствам, кинетики окисления синтезированных соединений в качестве справочного материала, что даёт возможность использовать данный материал при чтении лекций по полупроводниковому материаловедению.

**Оценка содержания диссертации, её завершенность.**  
**Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации.**

Содержание диссертации включает введение, четыре главы, заключение, основные выводы и список использованной литературы.

Во введении изложены актуальность данной работы, определен объём исследований, обоснованы методики исследования, раскрыта цель работы и ее научная новизна, практическая значимость, раскрыта структура диссертации.

В первой главе приведены сведения о термоэлектрических материалах, их структуре и свойствах, о фазах Цинтля. В заключение главы сделан вывод по обзору литературы, автором показано, что несмотря на большое количество публикаций фазы Цинтля изучены недостаточно, отсутствуют работы по влиянию отдельных лантаноидов и переходных металлов на  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$ , которые могут представить практический интерес в качестве магнитных материалов. Анализ литобзора показал, что рассмотренные соединения представляют научный интерес как перспективные термоэлектрические материалы.

Во второй главе описана аппаратура для проведения исследований кинетики окисления синтезированных материалов, измерения калориметрического растворения, измерения температур плавления и фазовых переходов, термического расширения образцов.

В третьей главе описаны методы синтеза, микрозондового исследования монокристаллов, приведён результат рентгеноструктурного анализа соединений -  $\text{Yb}_{14-x}\text{Y}_x\text{MnSb}_{11}$ ,  $\text{Yb}_{14-x}\text{Gd}_x\text{MnSb}_{11}$ ,  $\text{Yb}_{14-x}\text{Dy}_x\text{MnSb}_{11}$  и  $\text{Yb}_{14-x}\text{Pr}_x\text{MnSb}_{11}$ .

Приведены параметры кристаллических решеток, рентгеновская и экспериментальная плотности.

В четвертой главе приведены экспериментальные данные по термическим и термодинамическим свойствам твердых растворов и индивидуальных соединений, найдены коэффициенты термического расширения, с помощью которых рассчитаны температуры Дебая синтезированных соединений, показаны зависимости относительного удлинения от температуры. В главе приведены результаты по кинетике окисления, приведён ряд кинетических кривых окисления синтезированных диссертантом соединений.

В целом, ознакомление с диссертацией оставляет благоприятное впечатление, но вместе в работе имеются некоторые недостатки:

- ✓ во введении диссертационной работы (стр.8) не достигнута чёткость формулировки практической значимости работы;
- ✓ в табл. 3.1. указана чистота металлов, использованных при синтезе сплавов, так например, у Yb чистотой 99,77% содержание примесей других элементов достаточно велико (до 0,2%), в таком случае возникает вопрос, почему автор указывает на наличие никеля (0,02-0,04) в результате микрозондового анализа

- (стр.63) и не объясняет влияние примесей металла-основы, которое больше в 10 раз по сравнению с никелем;
- ✓ на рис. 3.11 указано наличие углерода (4.9%) в соединении состава  $\text{Yb}_{13.3}\text{Ni}_{0.7}\text{MnSb}_{11}$ , что в 3.5 раза больше содержания марганца и в 12 раз больше никеля. Однако в представленной формуле соединения углерода нет;
- ✓ в четвёртой главе работы представлено много таблиц по калориметрическому исследованию твёрдых растворов  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$ , но комментарии к полученным результатам отсутствуют.

Данные замечания не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационной работы Кабгова Х.Б.

Анализ содержания работы позволяет заключить, что диссертационная работа Кабгова Х.Б. является завершенным, логически построенным научным исследованием. Результаты работы доложены и обсуждены на многочисленных научных конференциях различного уровня.

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 12 научных работ, из которых 4 в журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Соответствие автореферата основному содержанию диссертации.** Автореферат Кабгова Х.Б. полностью соответствует основному содержанию выполненной им диссертационной работы.

**Соответствие диссертации и автореферата требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней.**

Диссертация и автореферат Кабгова Х.Б. полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, системе стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу, структуре и правилам оформления. М.: Стандартинформ. – 2012.

**Заключение.** Диссертационная работе Кабгова Хамдама Бобомуродовича «Синтез, рост монокристаллов, свойства термоэлектрических материалов на основе фаз Цинтля» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей важное практическое и теоретическое значение. Показано, что синтезированные флакс-методом монокристалл  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  и его твердые растворы с редкоземельными металлами и переходным металлом – никелем, а также монокристаллы индивидуальных соединений  $\text{YbMn}_2\text{Sb}_2$ ,  $\text{YbMn}_2\text{Bi}_2$ ,  $\text{Yb}_{11}\text{GaSb}_9$ ,  $\text{Yb}_{11}\text{InSb}_9$  потенциально являются перспективными термоэлектрическими материалами. Многогранность практической значимости соединения  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  не ограничивается только этим, т.к. данное соединение представляет собой перспективный магнитный материал. Более того, на соединение  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$ , обладающее низкой теплопроводностью и хорошими

электрическими свойствами, распространяется концепция «фононное стекло-электронный кристалл».

Диссертационная работа Кабгова Х.Б. соответствует пункту 10 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации за № 842 от 24 сентября 2013г.

Основные научные результаты диссертационной работы Кабгова Х.Б. опубликованы в рецензируемых научных изданиях, что соответствует требованиям п.11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

В диссертационной работе фактов заимствования не выявлено, ссылки оформлены в соответствии с критериями, указанными в п.14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

**Диссертационная работа Кабгова Хамдама Бобомуродовича**  
«Синтез, рост монокристаллов, свойства термоэлектрических материалов на основе фаз Цинтля» выполнена на высоком научном уровне и по актуальности, объему выполненных исследований, новизне и практической значимости соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации за № 842 от 24.09.2013г., а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01- неорганическая химия.

Официальный оппонент,  
Умарова Татьяна Мухсиновна,  
доктор технических наук  
734002, Республика Таджикистан, г.Душанбе. Бохтар 35/1  
Тел: (+992 37) 227-31-48;  
E-mail: [info@msu.tj](mailto:info@msu.tj) ; [Umarova04@mail.ru](mailto:Umarova04@mail.ru)  
Филиал МГУ имени М.В.Ломоносова в г. Душанбе  
начальник учебно-методического отдела

печать организации

Подпись д.т.н., доцента Умаровой Т.М.  
заверяю: начальник Отдела кадров  
и СР Филиала МГУ им.М.В.Ломоносова  
в г.Душанбе

22 июля 2019 года

Печать ОК и СР

Т.М.Умарова

Х.Т.Назарова

