

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертацию Махмудова Фархода  
Абдухоликовича на тему: «Синтез, рост монокристаллов, свойства  
новых фаз Цинтля на основе антимонидов редкоземельных элементов»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата химических  
наук по специальности 02.00.01-неорганическая химия**

Антимониды редкоземельных элементов (РЗЭ) обладают уникальными магнитными и электрическими свойствами. С элементами пятой группы периодической таблицы Д.И.Менделеева РЗЭ образуют ряд соединений со свойствами, изменяющимися в широком интервале. Например, магнитные свойства меняются от смешанного антиферромагнетизма для монопниктидов церия и антиферромагнетизма для монопниктидов гадолиния, тербия, диспрозия, гольмия и эрбия. В структуре anti- $\text{Th}_3\text{P}_4$  встречается сверхпроводимость для  $\text{La}_4\text{As}_3$ , антиферромагнетизм для  $\text{Eu}_4\text{Bi}_3$  и ферромагнетизм для  $\text{PZ}\text{Э}_4\text{Sb}_3$ ,  $\text{PZ}\text{Э}_4\text{Bi}_3$ . Высокотемпературные термоэлектрические материалы для передачи энергии на большие расстояния были получены на пниктидах РЗЭ, например, высокоэффективный материал  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$ , который относится к фазам Цинтля. Учитывая вышесказанное, тема диссертационной работы Махмудова Ф.Ф., посвященная получению и изучению новых фаз Цинтля, является актуальной.

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, четырёх глав, заключения и выводов. В списке цитированной литературы 165 наименований. В тексте диссертации представлены обобщенные данные результатов экспериментов и их обсуждения. Диссертация в достаточной степени проиллюстрирована фотографиями, рисунками и таблицами. Работа изложена на 119 страницах печатного текста.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, приведена научная и практическая ценность полученных результатов.

В первой главе приводится анализ литературных данных по фазовым диаграммам с участием изучаемых систем, рассмотрены концепции Цинтля, свойства термоэлектрических материалов и их практическое применение. На основании анализа литературных источников обоснован выбор и задачи настоящего диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена описанию методов синтеза и роста монокристаллов, физико-химических методов анализа, аппаратуры исследований.

Третья глава содержит информацию по установленным параметрам кристаллической решетки, реальным составам кристаллов, полученным микрозондовым анализом, по данным рентгеновской и экспериментальной плотности. Рассматриваются результаты проведённых исследований термодинамических, термических свойств  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$ ,  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$  и  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11-x}\text{Te}_x$ , а также процесса кинетики окисления. Полученные данные помогли установить, что РЗЭ входит в кристаллическую решетку  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  только до состава  $x=0.44-0.5$ , а теллур замещает сурьму на  $x=0.11-0.22$ .

В четвертой главе представлены экспериментальные данные по электрическим, магнитным, тепловым свойствам монокристаллов твердых растворов  $\text{Yb}_{14-x}\text{Tm}_x\text{MnSb}_{11}$  и  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11-x}\text{Te}_x$ , полученные в лаборатории Химического департамента Калифорнийского университета.

Обоснованность полученных оригинальных результатов достаточно высока и подкреплена большим объемом экспериментального материала, критическим анализом существующей по данному вопросу литературы (в том числе и зарубежной), применением современных и надежных методов физико-химического анализа, организацией и личным выполнением лабораторных исследований. Знакомство с третьей и четвёртой главами диссертации, в целом, позволяет считать полученные автором данные достоверными.

В заключении обобщены результаты обработки литературных источников и собственных экспериментальных исследований автора.

Научная новизна и практическая значимость работы заключается в том, что впервые выращены твердые растворы типа  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$ , где  $Ln$  -  $Tb$ ,  $Dy$ ,  $Ho$ ,  $Er$ ,  $Tm$ ,  $Lu$  и типа  $Yb_{14}MnSb_{11-x}Te_x$ , и для них определены параметры кристаллической решетки, рентгеновские и экспериментальные плотности. Показано, что они относятся к фазам Цинтля. Также определены температуры плавления, коэффициенты термического расширения, рассчитаны температуры Дебая, изучены процессы окисления твердых растворов кислородом воздуха. Найдена зависимость параметров окисления от состава твердых растворов. Методом калориметрии растворения твердых растворов исследованы значения энталпии растворения твердых растворов исследуемых систем. Для систем  $Yb_{14-x}Tm_xMnSb_{11}$  и  $Yb_{14}MnSb_{11-x}Te_x$  измерены электрические, магнитные, тепловые свойства. Практическим применением полученных новых материалов является их использование в установках для перевода тепловой энергии в электрическую и передача этой энергии на большие расстояния. Установленные результаты по физическим и химическим свойствам являются справочными данными и пополнят банк термодинамических величин новыми данными по полупроводниковому материаловедению, а также могут быть использованы при чтении курса по указанному направлению.

Основные научные результаты диссертационной работы Махмудова Ф.А. опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Цитирование оформлено корректно, ссылки на авторов, источники заимствования, соавторов оформлены в соответствии с критериями, установленными пунктом 14 «Положения о присуждении ученых степеней». Результаты диссертации достаточно полно изложены в 14 публикациях, их список приведен в автореферате. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

По диссертационной работе и автореферату Махмудова Ф.А. можно сделать следующие замечания и пожелания.

1. В первой главе приводятся в качестве обзора сведения о 16-ти диаграммах состояния РЗЭ с сурьмой, построенные ранее профессором Абдусалямовой М. Н. и её учениками, где анализируются общие закономерности их строения. Однако, соискателем графически не представлена ни одна из этих диаграмм состояния. Было бы удобным для читателя при просмотре работы видеть их изображение на рисунках.

2. В работе встречаются не принятые в научном языке термины, например, «допинирование» вместо «легирования», «характеризация» – «характеристика», «РФА» – «PCA» и др., что затрудняет понимание материала. Это касается и составленных выводов 1,4,5 и 7. В общем, диссертация является трудночитаемой.

3. В работе на стр.60 и 61 представлены рис.25 и 26 с подрисуночными подписями «Микропробный анализ твердых растворов ...», которые являются, на мой взгляд, малоинформативными.

4. Твердые растворы получены на основе соединения  $Yb_{14}MnSb_{11}$ , относящегося к фазам Цинтля, в которых (твёрдых растворах) должна повторяться его же кристаллическая структура. В первом выводе соискатель рассматривает кристаллическую структуру твердых растворов и соединения в отдельности, что является некорректным.

5. В тексте диссертации и авторефере автором допущено множество технических, грамматических и стилистических ошибок, неудачных выражений, даже в самом оглавлении работы.

Данные замечания не умаляют достоинства диссертационной работы и не влияют на значимость полученных научных результатов.

Диссертация Махмудова Фархода Абдухоликовича на тему: «Синтез, рост монокристаллов, свойства новых фаз Цинтля на основе антимонидов редкоземельных элементов », представленная на соискание ученой степени

кандидата химических наук по специальности 02.00.01-неорганическая химия, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи в области получения новых фаз Цинтля, изучения их структуры, свойств, имеющая существенное значение для неорганической химии, что соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01 - неорганическая химия.

**Официальный оппонент,**

**кандидат химических наук, заведующий кафедрой**

**«Металлургия цветных металлов» Таджикского технического**

**университета имени акад. М.С.Осими**

**Муслимов И.Ш.**

Подпись И.Ш. Муслимова удостоверяю:

Начальник отдела кадров и специальных работ

Таджикского технического университета

имени акад. М.С.Осими

**С.Т.Бадурдинов**

02 февраля 2016 года

