

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Бадаловой Мамлакат Абдулхайровны на тему: «Получение, физико-химические свойства интерметаллидов систем Ln - Sb,  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (Ln – La, Nd и Sm) и моделирование закономерности их изменения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 – материаловедение (в электротехнике)

**Актуальность темы.** Разработке новых термоэлектрических материалов фаз Цинтля с участием редкоземельных металлов, которые обладают улучшенными прикладными характеристиками, способствуют широкому применению этих материалов в современных, наукоемких отраслях промышленности.

Разработка эффективных способов получения поликомпонентных сплавов лантанидов с сурьмой и марганцем типа  $Yb_{14}MnSb_{11}$  и его твердых растворов систем  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (где лантаниды Ln - La, Nd и Sm), обладающие термоэлектрические способности, изучение их физико-химических свойств, установление закономерности изменения прикладных характеристик определяют актуальность темы данной диссертационной работы.

**Научная новизна диссертации** заключается в следующем:

- разработке эффективных способов получения 20 сплавов лантанидов с сурьмой и марганцем типа  $Yb_{14}MnSb_{11}$  и его твердых растворов систем  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (где лантаниды Ln - La, Nd и Sm);
- условия выращивания монокристаллов систем  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (где Ln - La, Nd и Sm), определение их состава и структуры;
- определение физико-химических и термодинамических характеристик - особенности процессов плавления, термического расширения, температуры Дебая, кинетики и энергия активации процесса окисления, и энтальпия растворения твердых растворов;
- определение и уточнение термических и термодинамических характеристик лантанидов и интерметаллидов (ИМ) систем Ln-Sb, установление закономерности изменения свойств и их моделирование.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в определении физико-химических, термических и термодинамических свойств термоэлектрических материалов сплавов систем  $Yb_{14-x}Ln_xMnSb_{11}$  (где Ln - La, Nd и Sm) и характеристик процессов их окисления.

Определены или уточнены температура плавления лантанидов и твердых растворов систем Ln-Sb. Установлены закономерности их изменения в зависимости

от природы лантанидов и от состава ИМ. Проведена математическая обработка данных методом регрессионного анализа по программе Microsoft Excel.

Полученные результаты работы носят справочный характер. Они могут быть использованы в учебном процессе для студентов технических специальностей.

Математические модели закономерности изменения термодинамических характеристик сплавов создают основу по разработке системы получения термоэлектрических материалов с заданными, «запрограммированными» свойствами.

**Достоверность полученных в диссертационной работе результатов** базируется на применение ряда прецизионных методов – флукс-метод, высокотемпературный термический анализ, атомная эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой, термогравиметрии, калориметрии растворения, dilatометр, рентгеноструктурный анализ, микрозондовый анализ.

Грамотно использованы известные расчётные методы.

Материалы диссертационной работы широко обсуждены и опубликованы в рецензируемых журналах.

**Личный вклад автора** состоит в анализе литературных сведений по теме диссертации, в подборе методологии исследования, в разработке алгоритмов решений поставленных задач, в проведении экспериментов, интерпретации и обобщении данных, применение расчётных методов и составление математической модели, формулировании выводов, подготовке и публикации научных статей.

**Публикация и апробация результатов диссертационной работы:**

основные результаты диссертации опубликованы в 19 научных работах, в том числе 6 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, также в материалах 13 международных и республиканских конференциях.

**Структура и содержание диссертации.** Диссертационная работа Бадаловой М.А. состоит из введения, пяти глав, выводов и списка использованной литературы, включающего 152 наименований, изложена на 133 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 76 рисунками, 23 таблицами и приложения.

*Во введении* указана актуальность темы и выбора объектов исследования, сформулированы цели и задачи работы, основные положения диссертации, отражены её научная новизна, практическая значимость, степень разработанности темы, перечень, применённых в работе экспериментальных и расчётных методов, апробация результатов и публикации.

*В первой главе* приведены сведения о интерметаллических соединениях, имеющих в металлических системах сурьма – лантаноиды цериевой подгруппы.

Приведены сведения об электронном строении атомов и их влияние на общие

свойства ИМ систем Ln–Sb о термо - и кристаллохимические характеристики ИМ. Указаны особенности строения и состава фаз Цинтля в двойных и тройных металлических системах. Рассмотрены особенности термоэлектрического явления и материалов.

Отмечена недостаточность сведений, на их основе сделано заключение и составлены задачи диссертационной работы.

Во второй главе приведены сведения экспериментальных методах, примененных в работе, по получению и выращиванию монокристаллов  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  и сплавы систем  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$  (где Ln - La, Nd и Sm), по изучению их состава, структуры и физико-химических свойств.

Приведены сведения о полуэмпирических и расчётных методах по определения термических и термодинамических свойствах лантанидов и металлических систем сурьма - лантаноиды.

В третьей главе диссертации приведены результаты исследования по получению и выращиванию монокристаллов  $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$  и сплавы систем  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$ , где Ln - La, Nd и Sm. Термохимический ход процесса взаимодействия компонентов системы контролирован методом ДТА. Полученные флакс-методом монокристаллы были уплотнены при температурах между  $1000^\circ\text{C}$  и  $1200^\circ\text{C}$  и давлениях между  $50 \cdot 10^5\text{Па}$  и  $150 \cdot 10^5\text{Па}$ . Состав полученных образцов установлены микронзондового анализатора марки JXA -8100, JEOL (Japan), а их тетрагональная структура установлена на дифрактометре PhilipsPW1830.

В четвёртой главе приведены результаты экспериментальных исследований процессов термического расширения и окисления сплавов систем  $\text{Yb}_{14-x}\text{Ln}_x\text{MnSb}_{11}$ , где Ln - La, Nd и Sm. Методом калориметрии определены энтальпия растворения полученных сплавов.

В пятой главе приведены результаты системного анализа сведений о температуре и энтальпии плавления лантаноидов и интерметаллидов систем лантаноиды – сурьма. В результате анализ этих сведений, проведенный соискателем с помощью полуэмпирического и расчётного методов, получены закономерности изменения указанных характеристик изученных объектов и проведено их математическое моделирование.

Диссертационная работа завершается обоснованными выводами из семи пунктов, списком цитированной литературы и приложения. По содержанию диссертации и полученных результатов можно утверждать, что поставленные задачи решены и цель достигнута. Диссертация имеет логически завершённый характер.

По материалам рассматриваемой диссертационной работы и автореферата возникли следующие замечания:

1. Почему в главе 1 литературном обзоре не приведены сведения о диаграммы состояния лантаноид – сурьма для всего ряда лантаноидов? Однако в главе 5 рассматриваются термические и термодинамические свойства лантаноидов и интерметаллидов систем лантаноиды – сурьма для всего ряда лантаноидов.

2. Почему не проведен аналогичный анализ термических свойств сплавов более поликомпонентных составов?

3. В чём заключается отличительная особенность фаз Цинтля? В какой степени, составленные математические модели адекватно отражают установленных закономерностей в изменениях термических и термодинамических свойств лантаноидов и бинарных металлических сплавов?

4. Почему металлические европий и иттербий и их сплавы выпадают из общих закономерностей присущие лантаноидам и сходным по составу сплавам?

Отмеченные замечания не снижают научный уровень диссертационной работы.

Диссертационная работа Бадаловой Мамлакат Абдулхайровны на тему: «Получение, физико-химические свойства интерметаллидов систем Ln - Sb, Yb14-XLnXMnSb11 (Ln – La, Nd и Sm) и моделирование закономерности их изменения» соответствует паспорту специальности 05.02.01 – материаловедение (в электротехнике) по пунктам (1-9)

Диссертация по своему содержанию, объему и научному уровню отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 26.11.2016г. №505, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа логически завершённая и по достигнутым результатам вносит существенный вклад в развитии материаловедение (в электротехнике), а её автор, Бадалова Мамлакат Абдулхайровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 – – материаловедение (в электротехнике).

Доцент кафедры «Газотеплоснабжения,  
вентиляция и теплоэнергетика»

Таджикского технического университета

им. акад. М.С. Осими, доктор технических наук

Зарипова М.А.

Адрес: 734042, Республика Таджикистан,

г. Душанбе, пр. акад. Рахмоновых, 10

E-mail: [mohira.zaripova@list.ru](mailto:mohira.zaripova@list.ru)

Подпись д.т.н. Зариповой М.А. заверяю:

Начальник ОК и СР ТТУ им. ак. М.С. Осими



Бадурдинов С.Т.