

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Упорова Сергея Александровича на тему
«Структурообразование, электронный транспорт и магнитные свойства
многокомпонентных металлических систем», представленной на соискание учёной
степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика
конденсированного состояния

Диссертационная работа С.А. Упорова посвящена, по большей части, экспериментальному исследованию многокомпонентных аморфных и высокоэнтропийных кристаллических сплавов (ВЭС) в широком диапазоне составов и температур, включая область жидкого состояния. Объем отзыва не позволяет перечислить все экспериментальные методы, использованные автором, и все объекты, исследованные в ходе её выполнения. Ограничимся заключением о том, что их многообразие и трудоёмкость не оставляют сомнений в высокой квалификации диссертанта и оправданности его претензий на получение искомой ученой степени. Тема работы представляется нам весьма актуальной, поскольку несмотря на пристальный интерес ученых всего мира, многие основополагающие проблемы формирования и свойств указанных объектов остаются практически не решенными. Это существенно ограничивает область их практического использования.

До настоящего времени не разработаны универсальные методы предсказания составов сплавов, способных к формированию металлических стекол при не слишком высоких скоростях закалки из жидкого состояния. Диссертантом получены оригинальные данные об электро- и теплопроводности, коэффициентах термического расширения, удельной теплоёмкости и магнитной восприимчивости закалённых кристаллических сплавов Cu-Zr в широком интервале составов и температур. Обнаружен ряд аномалий на изотермах этих свойств вблизи составов, которые, с одной стороны, соответствуют областям легкой аморфизации при закалке, а с другой, - максимально высоким значениям плотности электронных состояний и фононного ангармонизма. Это позволило предложить сравнительно простой феноменологический подход к поиску стеклообразующих составов в системах эвтектического типа. Согласно идее диссертанта, равновесная кристаллическая структура такого сплава является смесью эвтектических фаз в равных или почти равных мольных отношениях. Проверка этого критерия, проведенная на ряде многокомпонентных аморфизирующихся сплавов, показала его согласие с экспериментальными данными с

точностью по составу до 1-2 ат. %. Его теоретическое обоснование, приведённое в тексте автореферата, также не вызывает возражений. Кроме того, в диссертации показано, что в структуре аморфной фазы имеется среднемасштабное упорядочение с большим количеством нанокристаллических включений размером 2-3 нм, которое сохраняется и в расплавленном состоянии даже при температурах, существенно превышающих ликвидус. Объясняется и эффективное модифицирующее действие скандия в подобных сплавах.

Не менее существенные результаты получены С.А. Упоровым при изучении изменений структуры высокоэнтропийных сплавов AlCoCrFeNi, AlCoCrFeNiMn, TiZrHfSc(Nb) при различных режимах температурно-временной обработки. Диссертантом сформулирован вывод о практической применимости жаропрочных ВЭС, показана отличительная термическая стабильность однофазного неупорядоченного твёрдого растворов ВЭС на основе РЗМ и сформулировано предположение о том, что механизм стабилизации фаз Лавеса в ВЭС имеет топологическую природу, определяемую широкой дисперсией атомных радиусов.

Основные результаты работы получены лично автором или при его личном участии и представлены в рамках 22 докладов на научных конференциях Всероссийского и Международного уровней, а также в 27 научных публикациях, в том числе в журналах Q1, индексируемых в базах Web of Science и Scopus. Диссертационная работа выполнена при поддержке нескольких грантов УрО РАН, РФФИ и РНФ.

При ознакомлении с авторефератом диссертационного исследования возникли следующие вопросы:

1. На стр. 12 автореферата сказано: *«Опираясь на полученные результаты можно констатировать, что изучение стеклообразующих систем в кристаллическом состоянии является полезным и, вероятно, универсальным инструментом для извлечения дополнительной информации относительно природы аморфизации в этом классе сплавов»*. В большинстве методов получения аморфных сплавов, независимо от числа компонентов, используются методы, основанные на быстрой закалке расплава. Можно ли считать, приведённый вывод и результаты, на которые он опирается, применимыми не только к кристаллическому, но и к жидкому состоянию?

2. Анализировалась ли структура расплавов Al-ПМ-РЗМ при значительных перегревах выше температуры ликвидус (стр. 15, рис. 4)? Результаты исследований магнитной восприимчивости стеклообразующего сплава Al-Ni-Y при высоких температурах указывают на его неоднородное строение (рис. 4). Есть ли у диссертанта какое-либо мнение о том, что представляют собой неоднородности в расплаве?

Резюмируя вышесказанное, считаем, что диссертационная работа Упорова Сергея Александровича на тему «Структурообразование, электронный транспорт и магнитные свойства многокомпонентных металлических систем» представляет собой завершённое научное исследование, выполненное на высоком уровне. Она соответствует требованиям пп. 9-14 «Положение о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

monet

 Руч

ЮБИЛЕИ

Monera J.C., Lyman B. A

OK Yp

вд на Черного