

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

Диссертационное исследование С.А. Упорова посвящено решению одной из ключевых проблем современного материаловедения – установлению фундаментальных взаимосвязей между составом, структурой и функциональными характеристиками многокомпонентных металлических систем. Работа выполнена на высоком научном уровне и отличается использованием современных экспериментальных и расчетных методик. Автором исследован широкий спектр функциональных материалов, охватывающий классические стеклообразующие сплавы (Cu-Zr, Al-PЗМ, PЗМ-ПМ-Al), перспективные высокоэнтропийные системы и интерметаллические соединения со структурой типа фаз Лавеса.

Актуальность представленной работы не вызывает сомнений. Разработка многокомпонентных систем с заданными свойствами представляет собой стратегическое направление в создании перспективных функциональных материалов. Особую значимость исследованию придаёт его ориентация на преодоление существующего разрыва между эмпирическими подходами и физически обоснованными методами прогнозирования структуры и свойств сложных металлических систем.

Научная новизна исследования подтверждается рядом существенных результатов:

1. Установлено, что аморфная фаза характеризуется сложной структурной организацией с существенной долей нанокристаллических включений, сохраняющихся даже при температурах значительно выше точки ликвидуса.
2. Сплавы с высокой тенденцией к стеклообразованию обладают аномально высокими значениями плотности электронных состояний и фононного ангармонизма.
3. Показано, что при формировании аморфной структуры и специфических характеристик в системах Gd-Se-Al-Co (Ni, Cu), определяющим является геометрический фактор.
4. Определена стратегия поиска стеклообразующих составов в системах эвтектического типа, основанная на анализе фазовых диаграмм.
5. Впервые синтезированы термически стабильные многокомпонентные фазы Лавеса и определены критерии их стабилизации. Это открывает

новые возможности для направленного дизайна интерметаллических соединений сложного состава с уникальными свойствами.

6. Обнаружен исключительно высокий тензометрический эффект в жаропрочных ВЭС, значительно превосходящий характеристики коммерческих сплавов. Данный результат обладает существенным прикладным потенциалом для разработки высокочувствительных сенсорных материалов нового поколения.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением комплекса современных экспериментальных методов, включая рентгеноструктурный анализ, электронную микроскопию, EXAFS-спектроскопию, исследования транспортных, магнитных и теплофизических свойств, в сочетании с *ab initio* моделированием. Широкая апробация работы на международных конференциях и публикация основных результатов в 27 научных статьях, из которых 17 входят в Q1 Web of Science, свидетельствуют о высоком уровне проведённых исследований и признании полученных результатов.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в создании научного фундамента для целенаправленного синтеза новых функциональных материалов с заданными свойствами. Разработанные методологические подходы позволяют прогнозировать стеклообразующую способность, фазовую стабильность и функциональные характеристики многокомпонентных систем. Выявленные аномальные барические и тензометрические свойства ВЭС открывают перспективы для создания нового поколения высокочувствительных сенсоров давления и деформации.

При детальном ознакомлении с авторефератом диссертации возникают следующие вопросы, требующие дополнительного обсуждения:

1. Насколько предложенный феноменологический подход к поиску стеклообразующих составов применим к более сложным типам систем диаграмм состояния. Предполагается ли его совмещение с методами машинного обучения для повышения точности прогнозирования?
2. Каковы практические перспективы применения выявленных магнитокалорических эффектов в жаропрочных ВЭС, имеются ли у автора соответствующие патенты?

Диссертационная работа С.А. Упорова представляет собой завершённое фундаментальное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Полученные результаты вносят значительный вклад в физику конденсированного состояния и материаловедение сложных систем, открывают новые перспективы для направленного дизайна функциональных материалов. Работа отличается глубиной проработки, методологической строгостью и ясностью изложения.

Учитывая сказанное выше, считаю, что диссертационная работа Упорова Сергея Александровича на тему «Структурообразование, электронный транспорт и магнитные свойства многокомпонентных металлических систем» полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения 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.

«23» сентября 2025 г.

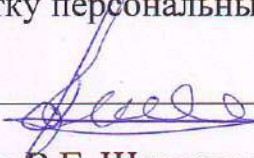
доктор химических наук, заведующий лабораторией «Физико-химии дисперсных систем» федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (ИХТТ УрО РАН).

Шевченко Владимир Григорьевич

620077, Свердловская область, Екатеринбург, ул.Первомайская, 91

Телефон: +7 982 632 50 20, **email:** shevchenko@ihim.uran.ru

Я, Шевченко Владимир Григорьевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе


Подпись В.Г. Шевченко заверяю

начальник отдела кадров ИХТТ УрО РАН



(И.А. Акимова)