

Отзыв

члена диссертационного совета Юговой Ирины Анатольевны на диссертацию Нефедова Дениса Юрьевича «ЯМР сплавов Ga-In и Ga-In-Sn в условиях наноконфайнмента», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Нефедова Дениса Юрьевича посвящена изучению физических свойств наноструктурированных эвтектических сплавов Ga-In и Ga-In-Sn. Условия наноконфайнмента в представленных исследованиях достигались введением изучаемых сплавов в поры опаловых матриц и нанопористых стекол. Данный метод наноструктурирования металлов и металлических сплавов обладает рядом достоинств, среди которых возможность обеспечить заданный размер, форму и взаимное расположение металлических частиц, определяемых характерным размером и геометрией пор, образование упорядоченных ансамблей частиц за счет использования таких матриц, как искусственный опал, молекулярные сита или пористый оксид алюминия, и неупорядоченных ансамблей частиц при использовании нанопористых стекол и полимерных матриц с нерегулярным расположением пор. Также, в нанокompозитах на основе пористых матриц частицы в порах защищены от воздействия окружающей среды. В рамках исследований применялся метод ядерного магнитного резонанса, чувствительный к локальным изменениям в веществе, являющийся удобным и информативным методом неразрушающего контроля.

Наноструктурированные металлические сплавы в жидком и твердом состоянии широко применяются в разработке и использовании устройств микро- и наноэлектроники, создании гибких и деформируемых электронных элементов, носимой электроники, гибких дисплеев, самовосстанавливающихся электросхем, биосовместимой робототехники, трибоэлектрических наногенераторов для носимой электроники, используются в системах связи, в устройствах передачи и хранения информации активно разрабатываются разнообразные металлоорганические системы, применяются для создания энергонезависимой памяти, плазмонной памяти, для изготовления сенсоров в биологии и медицине. Ведется разработка технологии получения металлических нанодендритных систем. Существуют идеи использования поверхностных плазмонов в металлических структурах в элементах оптической связи, использования металлических наноразмерных объектов в медицине, в частности заключающиеся в применении металлосодержащих нанокompозитов и наночастиц в различных областях от производства новых видов биосенсоров и способов доставки лекарства к нужному органу при онкологических заболеваниях до ускорения регенерации тканей. Практически не исследованными остаются особенности фазовых диаграмм эвтектических металлических сплавов, обусловленные ограниченной геометрией, и взаимосвязь морфологии наносистем с атомной структурой металлических сплавов. Вышесказанное подчеркивает актуальность темы исследования представленной диссертационной работы.

Русскоязычная версия диссертационной работы представлена на 92 страницах и содержит введение, пять глав и заключительную часть. Первая глава содержит описание основных понятий и характеристик метода ЯМР, используемых в рамках диссертационной работы. В четырех оригинальных главах представлены исследования фазового перехода типа жидкость-жидкость и изменения фазовой диаграммы в бинарном сплаве Ga-In в порах опала.

формирования кристаллической модификации со структурой β -Ga в бинарном сплаве Ga-In в порах опала, атомной подвижности в тройном сплаве Ga-In-Sn в условиях ограниченной геометрии, полевой и изотопной зависимости сдвига Найта для изотопов Ga в тройном сплаве Ga-In-Sn в пористом стекле, с дальнейшим применением модели динамического квадрупольного сдвига для интерпретации данных зависимостей.

К новым научным результатам, полученным в рамках исследований, представленных в диссертационной работе, можно отнести:

- впервые обнаруженный и подробно изученный фазовый переход жидкость-жидкость в бинарном эвтектическом сплаве Ga-In в порах искусственного опала, который наблюдался на подробной температурной эволюции формы линии ЯМР.
- впервые выявлены значительное отличие фазовой диаграммы сплава Ga-In в порах опала относительно объемного сплава, заключающееся в смещении эвтектической точки по концентрации.
- впервые наблюдалось и было исследовано формирование и стабилизация кристаллической модификации сплава Ga-In со структурой β -Ga в порах опаловой матрицы.
- впервые обнаружено уменьшение сдвига Найта, а также замедление атомной диффузии для изотопов галлия в тройном эвтектическом сплаве Ga-In-Sn в условиях ограниченной геометрии, коррелирующее с уменьшением размера пор.
- впервые наблюдалась полевая и изотопная зависимость сдвига Найта для изотопов Ga в тройном эвтектическом сплаве Ga-In-Sn в пористом стекле с характерным размером пор 7nm. Данные зависимости впервые были интерпретированы при помощи модели динамического квадрупольного сдвига линии ЯМР.

При прочтении диссертации появились следующие вопросы и замечания:

1. Не хватает некоторых подробностей при описании эксперимента. В частности, нет описания объемного образца. Не очень понятно, почему в эксперименте приходится использовать несколько 90° импульсов для обнуления проекции полной намагниченности ядерной спиновой системы на направление, параллельное внешнему магнитному полю (стр.24). Возможно, были бы полезны элементарные схемы при описании импульсных методов измерения с изображением наблюдаемых процессов. Частоты в диссертации указаны в единицах ppm, и не написано от какой частоты эти миллионные доли.
2. В формуле (5.6) очень много подгоночных параметров, используемых для моделирования довольно простых по форме спектральных линий. Не очень понятна достоверность такого моделирования.
3. Есть некоторые небрежности и опечатки в оформлении формул и таблиц. Нет определения некоторых величин, входящих в формулы (1.4), (5.6). Немного нарушено форматирование таблиц (4.1), (4.2), (4.3). В формуле (4.3) вместо квадрупольных должны быть магнитные времена спин-решеточной релаксации. Формула (4.4) не согласуется с формулой (1.9). Русскоязычный текст диссертации содержит некоторые грамматические неточности и опечатки.

Сделанные замечания и заданные вопросы не снижают ценность представленных в диссертации Нефедова Дениса Юрьевича результатов и положений.

Полученные в диссертационной работе результаты вносят значимый вклад в развитие соответствующей отрасли знаний. Диссертация Нефедова Дениса Юрьевича на тему «ЯМР сплавов Ga-In и Ga-In-Sn в условиях наноконфайнмента» полностью соответствует требованиям, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения

ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния. Пункты 9, 11 указанного Порядка автором не нарушены.

Член диссертационного совета
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры физики твердого
тела СПбГУ

Югова

И.А. Югова

23.09.2024



Личную подпись
И.А. Югова
заверяю
И.О. начальника отдела кадров ИФЭ
И.И. Константинова *Кост*

23.09.2024