

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Жукалина Дмитрия Алексеевича «Диссипативные структуры и процессы при формировании функциональных материалов на основе углеродных нанотрубок», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Актуальность темы диссертации.

Особенности формирования наночастиц и композиционных материалов на их основе являются объектами пристального внимания для исследователей, занимающихся поиском новых материалов с заданными механическими, термодинамическими и электронными свойствами. Использование нанообъектов позволяет получить материалы и создать приборы, обладающие характеристиками, считавшимися недостижимыми до настоящего времени.

Среди существующих материалов особого внимания заслуживают углеродные наноматериалы (УНМ), в частности углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерены и др. Методы синтеза УНМ регулярно совершенствуются с целью улучшения воспроизводимости структуры и состава получаемых наночастиц. Поэтому использование углеродных нанотрубок в массовом производстве уже в скором будущем выглядит весьма вероятным. Уже сейчас регулярно демонстрируются опытные образцы композитных материалов с наполнителями на основе углеродных нанотрубок.

Для успешного применения новых технологий на основе УНМ важным является изучение взаимосвязи процесса формирования и свойств конечной самоорганизованной структуры. Информация об условиях протекания технологических процессов, а также о критических параметрах, управляющих конечной структурой получаемых материалов, позволяет воспроизводимо формировать материалы с заданными свойствами. Поэтому тема диссертации Жукалина Д.А. безусловно является актуальной и принадлежит области современных и перспективных исследований.

Степень обоснованности научных положений, выводов и результатов, представленных в диссертации.

Обращает на себе внимание исключительно высокий уровень и разнообразие проделанных в работе экспериментальных исследований.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов диссертации Жукалина Д.А. подтверждается:

- анализом работ других авторов в области исследования свойств и применения композитных и гибридных материалов на основе УНТ;
- выполнением экспериментальной части работы на высоком техническом уровне с применением таких современных высокоразрешающих

методов как рентгеновская дифрактометрия, просвечивающая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, ИК-спектроскопия;

– совпадением экспериментальных выводов с теоретическими исследованиями.

Среди наиболее значимых и принципиально новых научных результатов следует выделить следующие:

1. На этапе раннего структурообразования композитных и гибридных материалов обнаружены тепловые пространственно-временные (диссипативные) структуры. Впервые наблюдаемое в работе явление образования тепловых автоволновых пространственно-временных структур может рассматриваться как фундаментальное.
2. Общность автоволновых процессов для материалов различной природы сочетается морфологическим разнообразием получаемых структур. При самоорганизации наноструктур на основе УНТ существенную роль играет природа второго компонента, тип химической связи, симметрия и параметры кристаллической структуры.
3. При нанофазном взаимодействии компонентов в бинарных системах на основе УНТ обнаружено 4 типа взаимодействия: агрегация; иммобилизация; фрактальный синтез; холодный синтез кристаллических нанофаз.
4. Исследование полученных в работе композитных и гибридных материалов выявило расширение исходных и появление новых функциональных свойств. Например, в системе глюкоамилаза – УНТ обнаружена устойчивость активности фермента к рН раствора и термостабильность вплоть до 100°C.
5. В системе SiO₂-УНТ произведен холодный синтез нанофазы карбида кремния гексагональной кристаллической структуры политипа 4Н, пространственной группы C⁴_{6v}-P6₃mc.
6. В качестве активного центра УНТ рассмотрен квантоворазмерный переходный слой (≈ 3.7), обусловленный несоразмерностью колец атомов углерода остова и шапки УНТ. Теоретически показана и экспериментально подтверждена хемоактивность коротких углеродных нанотрубок. Предложена и обоснована модель активного центра, возникающего на границе шапка/остов УНТ.

Ценность результатов диссертации для практики.

Капельная методика получения композитных и гибридных материалов на основе углеродных нанотрубок проста и универсальна. Эта технология подходит для широкого круга органических и неорганических веществ. Таким образом, развитие данного направления приведет к возможности

получать материалы нового поколения с расширенными функциональными свойствами.

Несомненной заслугой автора является применение методики локальной регистрации тепловых полей для диагностики автоволновых процессов формирования наноструктур капельным методом.

Следует также отметить возможность диагностики существующих сильнонеравновесных технологических методов формирования наносистем при помощи измерения параметров тепловых АВП. Метод оказывается чрезвычайно чувствительным к характеристикам и свойствам исследуемых наносистем.

Замечания к диссертации.

1. В работе недостаточное внимание уделяется обсуждению возможных математических описаний явления пространственно-временных тепловых структур.
2. В диссертации не рассматриваются вопросы воспроизводимости как технологических процессов, протекающих в капельных реакторах, так и свойств получаемых материалов и структур.
3. Базовые исследования композитов, в состав которых входят полупроводниковые материалы, имело бы смысл дополнить методами характеризации полупроводников, например, измерениями спектров поглощения (люминесценции), эффекта Холла и др.
4. К сожалению, работа не лишена небрежности в оформлении, так, например: в таблице 3.1 (с.92) и близлежащем тексте отсутствует часть единиц измерения физических величин; на рис. 3.9 не обозначены части (а) и (b). На большей части микрофотографий отсутствует масштабный отрезок (оценка расстояний по степени увеличения оказывается неверной в случае компьютерного масштабирования). Присутствует также существенное количество опечаток.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней».

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки работы и не затрагивают основных положений выносимых на защиту.

Диссертация Жукалина Д.А. является законченным научным исследованием. Основные положения диссертации написаны научным стилем, материал изложен системно, обоснованно и логично.

Автореферат полно отражает содержание работы и отвечает требованиям, предъявляемым к авторефератам кандидатских диссертаций. Основные научные результаты достаточно полно отражены в 17 научных

работах автора, 9 из которых опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

Диссертация Жукалина Дмитрия Алексеевича является законченной научно-квалификационной работой, обладающей новизной, научной и практической значимостью и соответствует требованиям п.9. «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент, доцент
кафедры микро- и наноэлектроники
Санкт-Петербургского университета
«ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова,
к.ф.-м.н., доцент

Максимов А.И.

23 октября 2015 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»,
Адрес: 197376, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, 5
Тел.: +7 (812) 234-31-64.
E-mail: aimaximov@mail.ru

Сергей Александрович Жукалин
рекомендует все «ЛЭТИ»
и тп



П. Мушкова