

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Куликовой Татьяны Валентиновны «Формирование и свойства самоорганизованных структур и нанокompозитов на основе слоистых прекурсоров: сурьмы, графита», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Актуальность темы диссертации.

Семейство 2D материалов, ярким представителем которого является графен, за последние несколько лет стало объектом пристального внимания исследователей, занимающихся поисками материалов для электроники нового поколения. В многочисленных теоретических работах, посвященных 2D аллотропам, показана возможность существования стабильных модификаций материалов в широком диапазоне составов, что открывает перспективы формирования миниатюрных функциональных элементов электроники на основе комбинации 2D материалов. Особенностью 2D аллотропов, состоящих из тяжелых элементов, является чувствительность электронной структуры материала к возникающим в монослое деформациям. В работах, посвященных деформационной инженерии, показана возможность управляемого изменения функциональных свойств двумерных материалов в результате внешних воздействий на структуру материала, вплоть до перехода его в топологически защищенное состояние. Кроме того, в 2D материалах существенно упрощается возможность использования некоторых свойств носителей заряда (спина, долины зоны Бриллюэна) как дополнительных степеней свободы для кодирования информации, что очень перспективно для создания новых приборов спинтроники и валлейтроники.

Стабильные 2D аллотропы можно получить из исходных слоистых систем, неэквивалентность связей в структуре которых при определенных физических воздействиях позволяет достичь расслоения материала. Наиболее перспективными для формирования элементарных 2D структур с этой точки зрения являются слоистые материалы элементов V группы. Важным условием возникновения топологических эффектов является наличие сильного спин-орбитального взаимодействия. Это определяет особый интерес, проявляемый к таким материалам, как висмут и, в особенности, сурьма. Актуальной на данный момент времени является задачи получения на их основе стабильных 2D аллотропов с воспроизводимыми характеристиками и исследования свойств таких структур, поэтому тема диссертации Куликовой Т.В. является актуальной и принадлежит области современных и перспективных исследований.

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

Автор уделяет особое внимание достоверности результатов. В работе представлены результаты подробных исследований созданных 2D структур, проведенных с использованием современных независимых методик, таких как сканирующая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния света и др. Наблюдается высокая воспроизводимость результатов, что подтверждает достоверность полученных данных. Выводы, основанные на экспериментально полученных результатах, подтверждаются квантово-химическими расчетами электронной структуры сформированных объектов. Гармоничное сочетание теоретического и экспериментального подхода позволило достичь непротиворечивости полученных данных и обеспечить высокую обоснованность научных положений, выводов и результатов работы.

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

1. Обнаружено явление самоорганизации в коллоидных растворах слоистых прекурсоров, проявляющееся в наличии длинновременных нелинейных гидродинамических эффектов.
2. Методом межслоевой самосборки из коллоидных растворов получены многослойная и полиморфная 2D композитные структуры на основе мультиграфена.
3. Впервые получен массив несвязанных между собой 3D сфероидальных структур на основе сурьмы или антимонидов индия и галлия микрометровых размеров в результате самоорганизации в процессе кристаллизации из расплава, в том числе, представляющих собой системы типа «ядро-оболочка».
4. Установлено единство механизмов самосборки для жидких сред, в том числе расплавов, приводящее к дискретной кристаллизации расплава с образованием сфероидальных структур типа «ядро-оболочка».
5. Выявлено различие свойств ядра и оболочки сфероидальной структуры сурьмы, обуславливающее нелинейность вольт-амперной характеристики таких структур.

Ценность результатов диссертации для практики.

Работа носит инновационный характер и представляет собой удачное сочетание теоретических, технологических и метрологических подходов к созданию и изучению

новых материалов и структур электроники. Предложенная модель и разработанные методы являются основанием для разработки улучшенной технологии формирования 2D и 3D функциональных материалов и композитов на их основе. Особенно ценными результатами представляются создание методики и получение структур типа «ядро-оболочка» с нанокompозитными поверхностными слоями, что должно обеспечить значительный прогресс в создании нового поколения электронных приборов с улучшенными характеристиками. Полученные результаты квантово-химического моделирования способны углубить понимание механизмов самоорганизации 2D структур и стать основой для разработки новых методик получения 2D аллотропов слоистых материалов.

Замечания к диссертации.

1. В работе получены интересные результаты по формированию сфероидальных структур на основе сурьмы с размерами 1 – 500 мкм. К сожалению, в диссертации не поясняются причины формирования частиц с именно такими радиусами, недостаточно подробно рассмотрена дисперсия частиц по размерам для сфер диаметрами менее 40 мкм.

2. Замечание 1 может быть отнесено и к описанию созданных структур InSb и GaSb, для которых в работе приведены только результаты морфологического и структурного контроля их свойств. В целом, при рассмотрении эффектов самосборки структур в жидких средах автор чаще всего ограничивается только феноменологической моделью, не слишком активно используя математическое описание наблюдаемых процессов.

3. Очень перспективным представляется контролируемое формирование частиц размером менее 1 мкм, что в перспективе должно позволить перейти от 3D к 0D системам. К сожалению, возможности получения таких частиц в работе не рассматриваются.

4. Работа не лишена опечаток и небрежностей в оформлении, в частности, в ряде случаев рисунок и подпись к нему находятся на разных страницах (стр. 14, 19, 23, 34 и т.д.).

Перечисленные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации.

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

Диссертация Куликовой Т.В. является законченным научным исследованием. Материал изложен обоснованно, логично и системно. Автореферат полно отражает содержание диссертации. Основные результаты работы достаточно полно отражены в 22 научных работах автора в отечественной и зарубежной печати, 5 из которых в перечне ВАК.

Диссертация Куликовой Т.В. «Формирование и свойства самоорганизованных структур и нанокompозитов на основе слоистых прекурсоров: сурьмы, графита» выполнена на высоком научном уровне, обладает новизной, научной и практической значимостью и представляет собой работу, соответствующую всем критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Куликова Татьяна Валентиновна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент, заведующий кафедрой квантовой электроники и оптико-электронных приборов Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),

д.т.н., доцент
24.11.2017 г.

С.А. Тарасов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

Адрес: 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д.5

Тел.: +7 812 234-31-60

E-mail: satarasov@etu.ru

Подпись руки Тарасова Сергея Анатольевича удостоверяю

Начальник отдела диссертационных советов

СПбГЭТУ "ЛЭТИ"



Русяева Т.Л.