

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Мироновича Кирилла Викторовича
на тему: «Механизмы роста, структурные и функциональные свойства
плазмохимически осажденных наноструктурированных
графеноподобных пленок»
по специальности 01.04.15 –
«Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика»

В настоящее время одним из наиболее перспективных научных направлений является развитие нанотехнологий, тесно связанное с разработкой новых физико-химических методов исследования и получением новых функциональных материалов. К числу таких материалов относится и нанокристаллический графит, состоящий из графеноподобных плоскостей, расположенных вертикально на подложке и образующих самоподдерживающуюся структуру, получившую название углеродных наностенок (УНС). В научной литературе активно обсуждаются возможные применения УНС – создание на их основе автоэмиссионных катодов, газовых и био-сенсоров, подложек для гигантского комбинационного рассеяния, катализаторов для топливных элементов, электродов суперконденсаторов и отрицательных электродов литий-ионных аккумуляторов. Соответственно, всестороннее исследование свойств УНС является актуальной задачей. В работе К. В. Мироновича ставится и решается задача изучения механизмов роста, структурных и функциональных (электрохимических и оптических) свойств плазмохимически осажденных графеноподобных пленок в углеводородной плазме тлеющего разряда постоянного тока. Представленная соискателем работа является главным образом экспериментальной. Вместе с тем, К. В. Миронович принимал участие в задаче численного моделирования: 1)

осаждения УНС в пространственно двумерной модели плазмы разряда постоянного тока и 2) изучения радикального состава углеводородной плазмы в различных режимах. Кроме того, в диссертационной работе решалась и прикладная задача создания композитных отрицательных электродов литий-ионных аккумуляторов на основе УНС и осажденного на их поверхности кремния (германия).

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы. Первая глава диссертации является вводной. В ней описаны основные свойства УНС и области их возможного применения. Во второй главе представлено описание созданного лабораторного плазмохимического реактора, и указаны основные этапы синтеза УНС в разряде постоянного тока. В третьей главе описана самосогласованная, пространственно двумерная модель плазмы разряда постоянного тока, позволяющая по набору входных параметров получать пространственные распределения компонент плазмы, температуры газа и приведенного электрического поля. В четвертой главе изучаются механизмы роста УНС, основанные на поиске корреляции между структурой пленок, осажденных в различных режимах, и параметрами разряда. В пятой главе изучается самоорганизация металлических и полупроводниковых наночастиц в квазипериодические линейные структуры при их осаждении на поверхности УНС. В шестой главе представлены результаты влияния структуры УНС на оптические свойства. В седьмой главе рассматривается практическая задача создания анодного материала для литий-ионных аккумуляторов на основе УНС и кремния или германия. В заключении подводятся итоги научной работы и формулируются основные результаты.

Все выводы, содержащиеся в диссертации, обоснованы. Научная новизна данной диссертационной работы, а также обоснованность её научных положений и выводов получили должную оценку среди мирового экспертного сообщества, поскольку её результаты опубликованы в высокорейтинговых профильных реферируемых журналах – ACS nano,

Journal of Materials Chemistry A, Scientific reports и других. Отметим также активность диссертанта по апробации результатов научных исследований: работа была доложена на 15 профильных научных конференциях (в том числе на 13 международных конференциях). Не вызывает сомнения и личный вклад диссертанта в данную научную работу: в опубликованных 4 работах в реферируемых журналах по теме диссертации К.В. Миронович является первым автором.

Для лучшего понимания результатов диссертационной работы и представленных выводов, полагаю полезным задать следующие вопросы:

1. В научной литературе активно обсуждается вопрос различных состояний на границе графена – зизгагообразных (zigzag) и кресельных (armchair). На кресельном крае, в частности, возможно существование особых краевых электронных состояний. В представленной работе также показана активная роль краев УНС. (Они способствуют протеканию химических и электрохимических реакций, играют ключевую роль в эффективном поглощении света.) Можно ли по результатам выполненной работы сделать вывод о том, какой тип графеновых краев доминирует в УНС?

2. Для расчета плазмы разряда постоянного тока использовалась самосогласованная двумерная цилиндрическая модель. Значит ли это, что эффективно все значения, лежащие на одном цилиндре (с постоянным радиусом r и разными аксиальными углами φ), считались одинаковыми? Как в такой модели с цилиндрическими координатами можно описать полусферический катод?

3. В пятой главе диссертационной работы содержится вывод о том, что осаждение наноструктур на УНС является бесструктурным при комнатной температуре, но образует линейные квазипериодические структуры при повышенной температуре. Можно ли указать пороговое значение для температуры, когда образуются упорядоченные наноструктуры? Чем оно обусловлено?

4. Какие механизмы отвечают за эффективное усиление сигнала комбинационного рассеяния для молекул родамина 6G и оксигенированного гемоглобина на УНС, покрытых серебряными наночастицами? Можно ли такой сильный сигнал КР наблюдать в случае других молекул?

5. В шестой главе обсуждается необычайно большой коэффициент оптического поглощения (99.88%) для образцов с УНС. Такое сильное поглощение должно сопровождаться нагреванием образца. Есть ли данные по нагреванию?

В целом, диссертационная работа написана ясно и хорошо оформлена: вначале приводится список сокращений, присутствует много поясняющих цветных рисунков и графиков. Также работа хорошо структурирована, подробно и хорошо описаны основные свойства УНС, области их возможного применения и методы химического и плазмохимического газофазного осаждения. В каждой главе есть четкое и логическое описание поставленной задачи и проведенных экспериментальных исследований. По работе в целом и по составляющим ее частям сделаны четкие выводы. Вместе с тем в диссертации и в автореферате найдены следующие недоработки:

1. Некоторые рисунки содержат надписи на осях графиков или на поле рисунка на английском языке: см. рис. 4, 6, 7, 8 и др. в диссертационной работе, рис. 1, 2, 6, 7, 8, 9 в автореферате.

2. Диссертационная работа (с. 7) и автореферат, (с. 5): неправильная нумерация, после пункта 5 идет пункт 7.

Приведенные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых

степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Считаю, что соискатель Миронович Кирилл Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник отдела физики атомного ядра
Научно-исследовательского института ядерной физики
имени Д.В. Скобелцына Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Николаев Александр Васильевич

Николаев

28.03.2018

Контактные данные:

тел.: 8(495)9395163, e-mail: nikolaev@srd.sinp.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.17 «химическая физика, в том числе физика горения и взрыва»

Адрес места работы:

119234, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2,

Научно-исследовательский институт ядерной физики

имени Д.В. Скобелцына МГУ имени М.В.Ломоносова

Тел.: 8(495)9391818; e-mail: info@sinp.msu.ru

Подпись ведущего научного сотрудника НИИЯФ МГУ

А.В. Николаева удостоверяю.

Ученый секретарь НИИЯФ МГУ



Е.А. Сигаева