

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе аспиранта Санкт-Петербургского государственного университета ПУДИКОВА Дмитрия Александровича на тему «Особенности синтеза и электронной структуры графена на подложках на основе d- и f-металлов» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Целью диссертационной работы Пудикова Д. А. являлся, с одной стороны, сравнительный анализ методов синтеза графена (крекингом углеродо-содержащих газов на соразмерных и несоизмерных гранях d-металлов, путем сегрегации атомов углерода через пленку переходного металла от «внутреннего источника» или через фазу карбидизации слоя редкоземельного металла) и анализ основных физико-химических процессов, обуславливающих рост графена в данных методах. С другой стороны, целью работы являлся всесторонний анализ особенностей электронной и кристаллической структуры графена, синтезированного вышеперечисленными методами на поверхности монокристаллов и слоев d-металлов, а также карбидизированных слоев f-металлов, в том числе и при модификации систем путем интеркаляции под графен монослоя атомов благородного металла золота.

Работа содержит большое количество новых экспериментальных и методических результатов, среди которых можно выделить следующие:

1. Показано, что графен, сформированный методом крекинга пропилена на подложке Ni(100) с кристаллической структурой, несоизмерной гексагональной структуре графена, характеризуется сильной связью с подложкой и имеет электронную структуру валентных состояний, схожую со структурой графена на соразмерной поверхности Ni(111). Отработан режим и детали синтеза графена на поверхности Ni(100).
2. Установлено, что интеркаляция монослоя атомов золота под графен, сформированный на монокристалле Ni(100), ведет к формированию электронной структуры, характерной для квазисвободного графена с линейной дисперсией π состояний графена в области точки К зоны Бриллюэна и точкой Дирака на уровне Ферми. Отработаны детали эффективной интеркаляции монослоя золота под графен, синтезированный на подложке с несоизмерной графену кристаллической структурой.
3. Проведено систематическое исследование различных стадий процесса синтеза графена методом сегрегации атомов углерода через пленку переходного металла, нанесенную на графитовую подложку. Отработаны детали и оптимизированы режимы синтеза графена. Продемонстрировано, что синтез графена проходит одинаковым образом вне зависимости от типа графитовой подложки (монокристаллический или пиролитический графит), и d-металла (Ni или Co). Различие состоит в температурном режиме синтеза.
4. Показано, что для пленок переходных металлов (Ni, Co) формирование графена методом сегрегации атомов углерода с графитовой подложки происходит при температурах 300 – 400 °C через фазу поверхностного карбида (200 – 250 °C) с последующей трансформацией в графеновый слой на поверхности системы.

5. Установлено, что при использовании редкоземельных металлов (Gd, Dy), нанесенных на графитовую подложку, процесс синтеза графена на поверхности системы происходит при температурах 950 – 1100 °С и начинается после образования фазы объемного карбида (500 – 900 °С), на поверхности которого формируется графен.
6. Обнаружено, что графен, сформированный через фазу карбидизации пленки f-металла (Dy) на монокристалле графита, в точке К зоны Бриллюэна имеет π состояния, характеризующиеся линейной дисперсией и поляризованные по спину. Точка Дирака сдвинута на 1,8 эВ ниже уровня Ферми.

Диссертационная работа Пудикова Д. А. выполнена на высоком научно-исследовательском уровне, основные результаты работы опубликованы в рецензируемых российских и международных журналах, апробированы на всероссийских и международных конференциях. Все эксперименты выполнены с использованием современных экспериментальных методов, приведенные результаты опубликованы в ведущих научных журналах и докладывались на международных научных конференциях. Выполненная соискателем работа, несомненно, актуальна и в целом представляет законченное физическое исследование в области физики конденсированного состояния и научного материаловедения. Полученные результаты соответствуют требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Оценивая работу Пудикова Д. А. в целом, считаю, что он проявил себя как вполне сформировавшийся специалист, способный самостоятельно решать сложные физические задачи. В лаборатории Пудиков Д. А. проявил себя как человек, безразличный к общим проблемам лаборатории.

Считаю, что работа Пудикова Д. А. соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

19 марта 2018 г.

Доктор физико-математических наук, профессор
Шикин Александр Михайлович



Личную подпись
Начальник

Адрес: ул. Ульяновская д. 1, г. Петергоф, г. Санкт-Петербург, 198504, Россия

Телефон: +7 (812) 428-43-67

E-mail: ashikin@mail.ru

Должность: профессор

Подразделение: кафедра электроники твёрдого тела, физический факультет

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»