

## Отзыв на автореферат

диссертации **Квашнина Александра Геннадьевича** на тему «Особенности образования новых квазидвумерных наноструктур и их физические свойства» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07-физика конденсированного состояния (физико-математические науки)

Основным направлением развития современного материаловедения является исследование и производство двумерных материалов, обладающих полупроводниковыми свойствами. Одним из наиболее развивающихся материалов, в последнее время, является графен – двумерный кристалл из атомов углерода, образующих гексагональную кристаллическую решетку. Графен является полуметаллом, при этом обладая самым большим значением константы упругости  $C_{11}$  среди известных материалов. Благодаря таким уникальным свойствам графен рассматривается в качестве одного из основных материалов для применения в полупроводниковой наноэлектронике. В результате полуметаллической проводимости, графен не может быть напрямую применен в полупроводниковых устройствах. Важно заметить, что на сегодняшний день крайне актуальным является изучение способов получения запрещенной зоны в графене.

Одним из способов получения полупроводникового материала на основе графена предложен автором, который заключается в образовании  $sp^3$ -гибридизованной углеродной пленки нанометровой толщины посредством соединения слоев многослойного графена. В работе А. Г. Квашнина предсказан возможный способ получения таких квазидвумерных наноструктур путем адсорбирования адатомов на поверхность многослойного графена. Детально исследованы механические, электронные и транспортные свойства в зависимости от типа функционализации и поверхности. Таким образом, работа А. Г. Квашнина является актуальной, а исследования своевременными.

Кроме того, следует отметить, что предсказанный эффект химически индуцированного фазового перехода может быть рассмотрен как потенциальный способ получения тонких пленок не только со структурой кубического алмаза, но и со структурой гексагонального алмаза или лонсдейлита, чье получения в лабораторных условиях пока не увенчалось успехом.

Важным является то, что предсказанный эффект химически индуцированного фазового перехода был успешно применен автором для описания процесса образования алмазных нанокластеров под действием электронного пучка. Теоретически был оценен предельный размер образованных нанокластеров, который с хорошей точностью соответствует экспериментальным данным.

Автором был исследован эффект расщепления тонких пленок различного состава. Показано, что пленки нанометровой толщины из хлорида натрия подвержены расщеплению вследствие поверхностного дипольного момента, что приводит к дестабилизации поверхности. Следует заметить, что такой эффект уже наблюдался экспериментально для пленок оксида цинка и карбида кремния, что



делает полученный результат значимым как с фундаментальной точки зрения, так и с практической.

Оригинальной частью диссертационной работы А. Г. Квашнина также является исследование флексоэлектрического дипольного момента углеродных наноструктур, таких как фуллерена, нанотрубки и наноконусы. Предложенные метод по расчету флексоэлектрического дипольного момента нанообъектов различной структуры и симметрии может быть крайне перспективным для оценки возможных свойств синтезируемых наноструктур на основе деформированного графена.

Результаты, полученные в работе, несомненно, представляют, как практический, так и фундаментальный интерес. Работа выполнена на высоком научном уровне и отвечает всем требованиям ВАК России. По теме диссертации опубликовано 11 работ, 8 из которых в высокорейтинговых научных журналах. Судя по полученным данным, изложенным в автореферате и по списку публикаций автора, работа А. Г. Квашнина заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния (физико-математические науки).

Зав. лабораторией наноматериалов,  
Сколковский институт науки и технологий  
д.т.н., профессор



Насибулин Альберт Галийевич

23.02.2016

ул. Нобеля, д. 3, Москва, Россия. 143026.

Телефон: +7 (916) 69 03 812

E-mail: a.nasibulin@skoltech.ru

Подпись Насибулина А.Г. заверяю  
Менеджер по административным  
и кадровым вопросам



Людмила Коновалова