

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Капитановой Олеси Олеговны “Наноструктуры с резистивным переключением на основе оксида графена”, представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям: 02.00.21-химия твердого тела и 01.04.07 – физика конденсированного состояния

**Актуальность** работы связана с потенциальной возможностью развитием уменьшения размеров транзисторных структур путем создания низкоразмерных резистивных переключающих элементов на основе графена и оксида графена. Резистивная память с произвольным доступом к записи и считыванию информации является серьезным конкурентом современной флэш-памяти. При приложении электрического поля к структурам на основе оксида графена был обнаружен эффект резистивного переключения.

В работе получены следующие основные результаты.

1. Продемонстрирована возможность синтеза оксида графита модифицированным методом Хаммерса и получения золя оксида графена для изготовления наноструктур на его основе. Определен диапазон соотношений С:О в пленках оксида графена, в котором наблюдается эффект резистивного переключения.
2. Разработан процесс фотокаталитического окисления графена с наночастицами оксида цинка и метод локального восстановления оксида графена прямым экспонированием электронным пучком для получения наноструктур на основе оксида графена и графена.
3. Установлены закономерности влияния восстановительной обработки оксида графена, а также его модификации хлоридом железа (III) на характеристики резистивного переключения.
4. Продемонстрировано, что величина переключающего напряжения хорошо согласуется со значениями энергий активации процесса миграции кислородных групп, рассчитанными методом функционала плотности.
5. Показано, что вертикальные наноструктуры на основе оксида графена с электродами из графена и массива наностержней из оксида цинка демонстрируют низкие напряжения формовки и позволяют получить высокую плотность резистивных переключающих элементов.
6. Установлено, что в структурах на основе оксида графена эффект резистивного переключения обусловлен электромиграцией кислородных групп, в результате которой в оксиде графена образуются барьерные и проводящие области.

В качестве замечаний к автореферату следует отметить, что

1. В пункте 1 научной новизны однозначно нельзя утверждать об отказе от фото- и электроннолучевой литографии. Просто здесь рассмотрен метод формирования 3D структур, а литографические процессы однозначно остаются.


2. Не достаточно много внимания уделено формированию структур наностержней ZnO. Отсутствует информация о кристаллографической ориентации наностержней ZnO, что из-за наличия полярности наностержней может оказывать влияние на свойства пленок графена и оксида графена.

3. Формулировка выводов 1 и 4 носит описательный характер. Можно было представить их в более конкретизированном виде. Например «Модифицирован метод Хаммерса с целью синтеза оксида графена ...» и «Продемонстрировано, что величина переключающего напряжения ...».

Полученные в работе результаты обладают несомненной научной новизной и имеют большую практическую ценность. Изложенные результаты опубликованы в рецензируемых журналах и апробированы на международных конференциях. Получено два патента.

На основании автореферата и публикаций считаем, что диссертационная работа Капитановой Олеси Олеговны соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 02.00.21 – химия твердого тела и 01.04.07 – физика конденсированного состояния, в соответствии с п.7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 30.01.2002 № 74 (в ред. Постановления Правительства РФ от 20.06.2011 N 475).

12.01.2015 г.

Рощупкин Дмитрий Валентинович,   
доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук

Телефон: +7 (496) 524 40 58

Адрес электронной почты: rochtch@iptm.ru

Почтовый адрес: 142432, Московская область, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 6, ИПТМ РАН

Подпись доктор физико-математических наук Д.В. Рощупкина заверяю  
Директор ИПТМ РАН  
профессор,  
доктор физико-математических наук



В.А. Тулин