

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ненашева Григория Васильевича  
«Электрические и оптические свойства углеродных наноструктур и их композитов  
с полупроводниковыми полимерами и перовскитами», специальности 1.3.11 –  
Физика полупроводников, представленной на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук

Диссертационная работа Ненашева Григория Васильевича на тему «Электрические и оптические свойства углеродных наноструктур и их композитов с полупроводниковыми полимерами и перовскитами» посвящена актуальной области современных нанотехнологий и материаловедения, в которой объединяются исследования углеродных наноструктур, металлоорганических перовскитов и полимеров – перспективных материалов для оптоэлектронных приложений.

Отличительной стороной диссертации является четкое формулирование цели работы и научных задач, охватывающих широкий спектр вопросов: от изучения морфологии и механизмов переноса заряда до создания мемристора на основе исследуемых материалов. Это демонстрирует не только глубину, но и широкий охват проведенных исследований, ориентированных как на фундаментальное понимание изучаемых физических процессов и объектов, так и на прикладные разработки.

Автором проделан значительный объем работы, направленный на выявление уникальных характеристик композитных пленок. Например, демонстрация эффектов резистивного переключения и детальное изучение их механизмов в уникальных по своему составу и структуре тонкопленочных элементов на основе углеродных наноструктур и перовскитов указывает на высокий уровень оригинальности исследований. Особо стоит выделить исследование перехода от ионного к электронному транспорту в пленках перовскита, что имеет фундаментальное значение для понимания процессов в таких системах.

Полученные автором результаты, такие как разработка мемристора на основе пленок перовскита и оксида графена, обладают большим потенциалом для применения в микроэлектронных устройствах для нейроморфных вычислений и вычислений в оперативной памяти. Это подтверждает не только теоретическую, но и прикладную значимость исследования. Относительно высокая стабильность и приемлемая для приложений проводимость композитов на основе CQDs и PEDOT:PSS (для некоторых значений концентраций) подчеркивают перспективность работы для создания устойчивых и эффективных материалов.

Высокий уровень публикационной активности (11 рецензируемых статей из баз данных Scopus и Web of Science) подтверждает значимость, достоверность и востребованность работы в научном сообществе.

Несмотря на все положительные стороны работы, есть несколько замечаний по тексту автореферата диссертационной работы:

1. Согласно рис. 13, а также подробному описанию процесса резистивного переключения образца мемристорного устройства на основе  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3:\text{GO}$ , при низких значениях напряжения и обоих полярностях реализуется состояние с высоким сопротивлением, тогда как состояние с низким сопротивлением возможно только при приложении к структуре высокого по модулю напряжения ( $> 2 \text{ В}$ ). Вообще говоря, в изначальном понимании термина «мемристор», исследованное устройство к нему не относится, так как не является энергонезависимым носителем программируемого резистивного состояния. В то же время, такой элемент можно отнести к более широкому понятию «мемристивное устройство», под которым подразумевают любое устройство с гистерезисом на вольт-амперных характеристиках. Область применения таких устройств ограничена.

2. На рис. 17 и в тексте автореферата, к сожалению, не приведены значения показателя степени в температурной зависимости предполагаемого прыжкового типа проводимости для пленок  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3:\text{GO}$  и, более того, сам рисунок представлен в неподходящих координатах для выявления такого типа зависимости: не в координатах  $\log(\sigma) - T^{-1/2}$ , а в координатах  $\log(R) - T^{-1}$ , из которой сложно установить искомый тип проводимости. Не ясно тогда, на каком основании сделан вывод о предполагаемом типе проводимости.

Данные замечания не снижают значимости выполненного исследования и, в целом, работа заслуживает высокой оценки за её актуальность, научную новизну и практическую значимость. Она делает важный вклад в развитие материаловедения и нанотехнологий, предлагая новые подходы к созданию функциональных материалов для оптоэлектронных устройств. Работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Григорий Васильевич Ненашев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников.

Первый заместитель руководителя по научной работе

Курчатовского комплекса НИИКС-

природоподобных технологий

НИИЦ «Курчатовский институт», д.ф.-м.н.

Demin\_VA@nrcki.ru

+7(499)196-7256

Дата: 13 «января» 2024 г.

В.А. Дёмин

Подпись Демина В.А. заверяю:

Первый заместитель Главного ученого с

НИИЦ «Курчатовский институт»

К.Е. Борисов