

## 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 Григория Васильевича Ненашева посвящена исследованию электрических и оптических свойств композитных материалов на основе металлоорганических перовскитов и углеродных наноструктур. Работа выполнена на высоком научном уровне и обладает четкой структурой.

Развитие современных технологий требует создания новых материалов с уникальными электрическими и оптическими свойствами, которые обладают стабильностью, воспроизводимостью и возможностью использования в гибкой электронике. Металлоорганические перовскиты и углеродные наноструктуры представляют интерес благодаря своим уникальным характеристикам, включая возможность тонкой настройки свойств через модификацию структуры. Выбранные для изучения объекты в целом представляют интерес для решения важных фундаментальных и прикладных задач, что подтверждает **актуальность** выполненной работы.

Диссертация обладает значительной **научной новизной**. Впервые выявлены особенности прыжкового механизма проводимости в композитах CQDs+PEDOT:PSS, а также установлено, что добавление углеродных квантовых точек повышает стабильность композита при сохранении его электропроводящих свойств. Впервые показана взаимосвязь между фазовыми переходами в структуре перовскитов (от кубической к тетрагональной и орторомбической фазам) и электрическими характеристиками мемристоров, включая смещение переключающих напряжений и снижение гистерезиса вольт-амперных характеристик.

**Практическая значимость** работы заключается в возможности создания стабильных и эффективных композитных материалов, пригодных для использования в органической электронике, включая слои переноса дырок, энергонезависимую память и фоточувствительные устройства. Выявленные закономерности проводимости и температурной зависимости

электрических характеристик позволяют проектировать более стабильные и долговечные устройства с улучшенными параметрами. Используемые методики, включая вольт-амперные характеристики, анализ Мотта-Шоттки и изучение фазовых переходов, демонстрируют высокий экспериментальный уровень работы.

Вопросы и замечания по автореферату следующие:

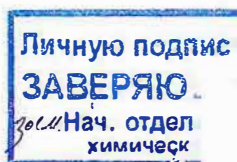
- 1) В автореферате отсутствует список сокращений.
- 2) В автореферате не описана ни геометрия измерительных структур, ни состав электродов.
- 3) Отсутствуют сведения об использованном оксиде графена (содержание кислорода, морфология частиц и т.п.).
- 4) При обсуждении результатов на Рис. 1 возникает полимер [60]PCBM, который до этого не обсуждался в автореферате в качестве объекта исследований.
- 5) Не совсем понятна мотивация исследования пленок из УКТ.
- 6) Вывод о наличии в перовскитах ионной проводимости недостаточно обоснован.

Указанные замечания не влияют на положительное впечатление от работы.

В целом, работа представляет собой серьезное научное исследование, выполненное на высоком уровне. Работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям физико-математических наук по специальности 1.3.1 «Физика полупроводников» согласно Положению о присуждении ученых степеней в ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН», а ее автор Г.В. Ненашев заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук.

Кандидат химических наук, Ведущий научный сотрудник Химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Баранов А.Н.



Запустина Т.А.