

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лебедева Дениса Владимировича «Методы управления оптическим излучением и ионным транспортом в наносистемах: неупругое туннелирование электронов и твердотельные нанопоровые мембраны», представленной к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.2. – Приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертационная работа Лебедева Д.В. направлена на решение важной научной проблемы – разработки методов управления электронными и ионными потоками в искусственных наноструктурах. **Актуальность** работы обусловлена необходимостью создания элементной базы для оптоэлектроники нового поколения (наноразмерные источники света) и высокочувствительных систем биомедицинского анализа (твердотельные нанопоры).

В ходе выполнения диссертационного исследования автором получен ряд **новых научных результатов**, имеющих фундаментальное и прикладное значение:

1. **Разработана методика непрямого детектирования излучения при НТЭ** на основе анализа ВАХ, что позволяет существенно упростить диагностику наноразмерных источников излучения.
2. **Созданы гибридные Si/Au наноантенны** с использованием СТМ-наноитографии, продемонстрирована их высокая эффективность как источников излучения, управляемых электрическим полем.
3. **Впервые исследованы коллективные плазмонные резонансы в массивах нанобампов**, полученных фемтосекундной лазерной печатью, и показана возможность их использования для создания перестраиваемых источников света в ИК-диапазоне.
4. **Продемонстрирована возможность активного управления ионной селективностью** нанопористых мембран (C-Nafen) с помощью внешнего электрического поля, а также показано влияние оптического излучения на проводимость единичных нанопор.

**Научная значимость** работы заключается в установлении новых закономерностей транспорта заряда в наносистемах, а **практическая значимость** – в создании прототипов устройств: электроуправляемых наноантенн, нанопоровых чипов для детектирования биомолекул (что подтверждено публикациями), и методик их изготовления.

**Достоверность** полученных результатов подтверждается использованием современного оборудования, высоким уровнем воспроизводимости экспериментальных данных и их согласием с результатами численного моделирования (COMSOL Multiphysics) и данными независимых методов диагностики (ПЭМ, РЭМ, спектроскопия КР).

Автореферат отражает основное содержание диссертации. Основные результаты опубликованы в 30 статьях в ведущих рецензируемых журналах, включая журналы Q1, что подтверждает их высокий уровень.

**В качестве замечаний** можно отметить следующее:

1. В автореферате недостаточно подробно раскрыта методика учета влияния рельефа поверхности на сигнал СТМ-Л при картировании ЛПОС (Глава 3), а также отсутствуют данные о долговременной стабильности работы созданных источников излучения и нанопоровых мембран, что важно для оценки их практического потенциала.
2. Экспериментальная часть работы выполнена с использованием PtIr иглы в качестве зонда СТМ. Следовало бы провести эксперименты с другими зондами СТМ, например вольфрамовым, для выяснения роли зонда в наблюдаемых явлениях.
3. Есть недостатки в оформлении автореферата. Так на стр. 16, рис.3(б) в правом верхнем углу надпись «позиция 1, без зонда», «позиция 1, с зондом», «позиция 2, без зонда», «позиция 2, с зондом» непонятно к чему относится, никаких пояснений нет. В подписи к рис.6 отсутствует подпись к панели (в)

Однако эти замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы.

**Заключение.** Диссертация Лебедева Дениса Владимировича «Методы управления оптическим излучением и ионным транспортом в наносистемах: неупругое туннелирование электронов и твердотельные нанопоровые мембраны» соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук (п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней»), а её автор заслуживает присуждения искомой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

лаборатории спектроскопии поверхности

полупроводников

Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Института физики  
твёрдого тела имени Ю.А. Осипьяна  
Российской академии наук (ИФТТ РАН)



Божко С.И.  
27 марта 2026

Подпись заверяю:



Ученый секретарь ИФТТ РАН  
канд. физ.-мат. наук Терещенко А.Н.