

## 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.

Диссертация Лебедева Д.В. посвящена двум ключевым, на первый взгляд разрозненным, но объединенным общей физической идеей управления транспортом заряда (электронов и ионов) на наномасштабе, направлениям. Первое связано с созданием эффективных наноразмерных источников света на основе неупругого туннелирования электронов (НТЭ), второе — с управлением ионным транспортом через искусственные нанопоры и мембраны. Такой подход демонстрирует высокий уровень методологического потенциала автора.

Актуальность работы не вызывает сомнений: поиск путей миниатюризации источников излучения для фотонных интегральных схем и создание биомиметических систем для анализа единичных молекул являются одними из приоритетных направлений современной экспериментальной физики.

Наиболее значимые результаты:

1. Разработка интегрального подхода к созданию источника света в волноводе на основе нитевидных нанокристаллов GaP с вюрцитными вставками (WZ-GaP). Автором убедительно показано, что легирование бериллием приводит к формированию протяженных областей прямозонной фазы, а использование СТМ-зонда в качестве источника накачки позволяет возбудить излучение именно в этих областях. Это решение проблемы эффективного ввода излучения в волновод является существенным шагом вперед на пути к созданию наноразмерных источников оптического сигнала.

2. Управление ионной селективностью нанопористых мембран. Работа с мембранами из волокон оксида алюминия, покрытых углеродом (C-Nafen), демонстрирует впечатляющий результат: приложение внешнего потенциала к проводящей поверхности пор позволяет обратимо переключать ионное сопротивление мембраны. Полученные значения плотности фиксированного заряда и коэффициенты селективности свидетельствуют о высоком качестве созданных материалов.

3. Фотоиндуцированное управление проводимостью единичной нанопоры. Обнаружение эффекта увеличения ионной проводимости нанопоры в SiNx мембране под действием широкополосного света низкой интенсивности ( $35 \text{ мВт/см}^2$ ) является новым словом в нанофлюидике. Это открывает перспективы создания

оптофлюидных сенсоров, где свет выступает в роли управляющего фактора, что принципиально отличается от традиционных электрических методов.

Достоверность полученных результатов обеспечена комплексным использованием взаимодополняющих методов (СТМ, ПЭМ, оптическая спектроскопия, электрохимия) и согласием экспериментальных данных с численным моделированием.

Замечания:

1. В разделе, посвященном нитевидным кристаллам, при обсуждении спектров фотолюминесценции (ФЛ) GaP:Be и GaP:Si было бы полезно привести более четкое объяснение, почему сигнал СТМ-индуцированной люминесценции в GaP:Be локализован лишь в определенных областях, при этом не обсуждается локализация ФЛ сигнала.

2. При описании методики создания единичных нанопор с помощью ПЭМ следовало бы указать разброс геометрических параметров получаемых пор (диаметр, конусность), так как это критически важно для воспроизводимости результатов по ионной проводимости. Высказанные замечания носят уточняющий характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение. Диссертационная работа Лебедева Д.В. является законченным научным трудом, содержащим решение крупной научной проблемы в области экспериментальной физики наносистем. Работа полностью соответствует критериям, п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.2 — «Приборы и методы экспериментальной физики».

Согласен на обработку персональных данных.

Ведущий специалист

АО «Светлана-Электронприбор»

к.т.н. Смирнов А.Д.

*20.03.2026*

Подпись заверяю:

*Ведущий инженер  
по кадрам  
20.03.2026*

