ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ваулина Никиты Васильевича на тему «Исследование ионного и молекулярного транспорта в биосенсорах на основе твердотельных нанопор из нитрида кремния» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики»

Одним из перспективных направлений современной науки являются технологии анализа биомолекул с использованием наноразмерных полупроводниковых структур, среди которых особое место занимают нанопоровые платформы. Метод нанопорового детектирования, основанный на регистрации изменений ионного тока при транслокации одиночных молекул, позволяет получать информацию о размерах и физико-химических свойствах молекул аналита. Одиночные нанопоры в твердотельных мембранах обладают высокой механической прочностью, стабильностью и широкими возможностями модификации и функционализации. В данный момент, основные работы в области твердотельных нанопор направлены на повышение разрешающей способности детектирования и разработку методов управления молекулярным транспортом. В связи с этим, актуальность данной работы является весьма высокой.

Все основные результаты, полученные в данной работе, имеют научную и практическую ценность.

В работе была отработана методика изготовления свободноподвешенных SiN мембран с плазмонными антеннами бабочками, сформированными на их поверхности. Также была отработана методика изготовления одиночных нанопор диаметром 5-10 нм и 8-10 нм в этих мембранах посредством их травления сфокусированным электронным пучком. Были изучены зависимости удельной электропроводности одиночных SiN нанопор от концентрации водных растворов KCl и внешнего оптического облучения в различных спектральных диапазонах. Экспериментально подтвержден эффект увеличения ионной проводимости пор при низких концентрациях электролита, обусловленный перекрытием двойных электрических слоев и ростом концентрации ионов внутри поры. Установлено, что проводимость плазмонных нанопор диаметром 5 нм возрастает на 10% под действием лазерного излучения и на 35% — под действием излучения галогенной лампы, что свидетельствует о возможности управления нанопоровым ионным транспортом с помощью оптического излучения. Значительный рост ионной проводимости нанопор при их облучении галогенной лампой объясняется эффективным возбуждением поверхностных электронных состояний в запрещенной зоне аморфной SiN мембраны, что приводит к увеличению концентрации ионов во внутреннем объеме поры. Разработан метод удержания одиночных белковых молекул в области нанопор диаметром 8-10 нм с помощью приложенного электрического поля. Метод был апробирован на одиночных молекулах 20S протеасомы, что открывает перспективы для исследования функциональной активности белков в реальном времени.

Присутствующие в работе незначительные опечатки не снижают её значимости. В качестве основных замечаний следует отметить:

1. Не раскрыты причины выбора водного раствора сильного электролита KCl для проведения экспериментов.

2. Всегда ли формируемые нанопоры обладали круглой формой, то каким образом форма поры будет влиять на результаты эксперимента?

Диссертационная работа Ваулина Н.В. «Исследование ионного и молекулярного транспорта в биосенсорах на основе твердотельных нанопор из нитрида кремния» соответствует паспорту специальности 1.3.2. – «Приборы и методы экспериментальной физики» и является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, имеющим важное научное и практическое значение. Диссертация соответствует критериям, установленным в Постановлении Правительства РФ от 24.09.2013г № 842 с учетом изменений и дополнений «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автор диссертации Ваулин Н.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Согласен на обработку персональных данных.

Кандидат химических наук, Мареев Семён Александрович

30.09.2025

доцент кафедры физической химии

факультета химии и высоких технологий

ФГБОУ ВО «КубГУ»

Подлинность подписи Мареева С.А.

ЗАВЕРЯЮ

Специалист по кадрам Нугукало Ю.А.