

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лукашенко Станислава Юрьевича «Особенности использования СЗМ-зондов в нанодиагностике» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики»

Возможность подбора характеристик зондовых датчиков для сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) позволяет решать широкий спектр задач в области нанодиагностики. Для успешного решения конкретных задач требуются надежные апробированные методики измерения с использованием СЗМ-зондов. Однако такие методики не всегда доступны. Поэтому тема диссертационной работы Лукашенко С.Ю., посвященной разработке и развитию методик измерения с применением СЗМ-зондов с различными характеристиками, является актуальной.

Научная новизна диссертационной работы неоспорима, поскольку представленные в ней результаты были получены впервые. Приведу наиболее важные, на мой взгляд, результаты работы:

- Показано, что при использовании пьезорезонансного зондового датчика «вольфрамовый зонд – пьезотрубка» возникают колебания, ухудшающие пространственное разрешение при работе в полуконтактном режиме СЗМ. Улучшить разрешение за счет минимизации колебаний можно путём оптимизации геометрии зонда.
- Создан резонансный детектор массы в виде углеродного нановискера, выращенного на кончике вольфрамового зонда, который позволяет измерять массы в диапазоне  $10^{14}$ – $10^{17}$  г.
- Обнаружен пик на кривой подвода сканирующего ион-проводящего микроскопа (СИПМ) и разработана модель, объясняющая существование пика. Предложенная и апробированная модель расчёта ионного тока, учитывающая электроосмотический поток в наноканале и ион-ионные взаимодействия позволяет определить радиус апертуры СИПМ-зонда с точностью ~7–9 %.

Полученные в диссертационной работе результаты, несомненно, имеют практическую значимость. Они могут быть полезны в исследованиях с применением методов атомно-силовой микроскопии, сканирующей ион-проводящей микроскопии, резонансного детектирования массы.

Автореферат написан понятным языком и логично структурирован, предоставляет возможность полноценного ознакомления с содержанием диссертационной работы. Однако есть несколько замечаний, касающихся оформления автореферата. 1. Для обозначения одной из разновидностей СЗМ автор использует сравнительно редко применяемое название «сканирующий силовой микроскоп» вместо более распространенного – «(сканирующий) атомно-силовой микроскоп». Не лишним было бы привести последнее название при первом упоминании прибора. 2. Автор недостаточно строго соблюдает единый стиль оформления, в частности это касается оформления рисунков. При представлении численных данных в качестве десятичного разделителя в одних случаях используется запятая, в других – точка. Знаки «дефис», «тире», «длинное тире» используются случайным образом, как для указания диапазонов численных значений, так и в тексте, включая подписи к рисункам. 3. При перечислении используемых методов исследования автор указывает «сканирующая зондовая микроскопия, ..., сканирующая (капиллярная) микроскопия токов ионной проводимости», хотя второй метод представляет собой разновидность первого. 4. В тексте автореферата

отсутствуют ссылки на некоторые рисунки (1a, 3b). Следует отметить, что отмеченные недостатки не касаются сути диссертационной работы и не влияют на общее положительное впечатление о ней.

Основные результаты диссертационной работы были опубликованы в 16 статьях в журналах, индексируемых в международных базах цитирования Web of science и Scopus. Также материалы диссертационной работы были представлены в 16 докладах на всероссийских и международных конференциях.

Диссертационная работа «Особенности использования СЗМ-зондов в нанодиагностике» выполнена на высоком профессиональном уровне и представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему. По объему исследований, их качеству, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует требованиям, пп. 9-13 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 25.01.2024) О порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Лукашенко Станислав Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Согласен на обработку персональных данных  
к.т.н. по специальности 01.04.01 «Приборы и  
методы экспериментальной физики»,  
н.с. лаборатории физиологии  
возбудимых мембран,  
ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова  
Российской академии наук.

Халисов М.М.

Халисов Максим Миндигалеевич

к.т.н., н.с.

199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6.  
ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова  
Российской академии наук  
Тел. +7(812)328-1567  
e-mail: [khalisovmm@infran.ru](mailto:khalisovmm@infran.ru)  
Дата: 14.03.2025

Подпись  
заверяю



Л.А. Петрова