

ОТЗЫВ

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

Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ) являются одними из основных инструментов современной нанодиагностики материалов. Основными параметрами, отвечающим за качество СЗМ, является пространственное разрешение, а также чувствительность. Поиск методов улучшения этих параметров является *актуальной* задачей. Решению этих вопросов и посвящена диссертационная работа Лукашенко С. Ю.

В автореферате приведены цели работы:

1. Исследование влияния колебаний вольфрамового ССМ-зонда и стеклянного СКМ-зонда на пространственное разрешение. Сравнение результатов моделирования с экспериментом с целью поиска оптимальных параметров зондов.
2. Создание наномеханического осциллятора на основе вольфрамового зонда, модифицированного углеродным нановискером и разработка метода измерения массы металлических и диэлектрических наночастиц в диапазоне ($10^{-14} - 10^{-17}$) г.
3. Разработка методики косвенного измерения размера наноапертуры СКМ-зонда по экспериментальным вольт-амперным характеристикам. Сравнение результатов, полученных аналитическим и численным методами, с прямыми измерениями в ПЭМ и СЭМ.
4. Разработка модели ионной проводимости СКМ-зонда и анализ механизмов, влияющих на зависимость ионного тока от расстояния до образца. Сравнение расчётных и экспериментальных кривых подвода ($I(z)$).

В ходе работы получен ряд важных результатов:

1. Предложен подход к уменьшению области контакта в «tapping» моде, улучшающий пространственное разрешения СЗМ приборов, использующих пьезорезонансный датчик «W зонд – пьезотрубка».
2. Показано, что метод резонансного детектирования массы реализованный на основе вольфрамового зонда, модифицированного углеродным нановискером, обеспечивает измерения в недоступном ранее динамическом диапазоне масс (10^{-14} - 10^{-17}) г, перспективный для взвешивания вирусов, бактерий, белков и наночастиц любой природы.
3. Показано, что метод резонансного детектирования массы имеет одинаковую

добротность, как в вакууме, так и при атмосферных условиях, что принципиально важно для решения биомедицинских задач.

Практически все полученные экспериментальные результаты работы подтверждены расчетами.

Оформление автореферата соответствует требованиям Положения о диссертационном совете и ГОСТ.

Научная новизна данной работы неоспорима и заключается в успешной разработке и апробации резонансного детектора массы в виде углеродного нановискера, выращенного на кончике вольфрамового нанозонда. Впервые экспериментально обнаружено, что добротность резонансных колебаний на воздухе углеродного нановискера, выращенного на кончике вольфрамового нанозонда, не уменьшается по сравнению с добротностью резонанса в вакууме. Впервые экспериментально продемонстрирована возможность закрепления золотых наночастиц на кончике углеродного нановискера с использованием V – образных наноловушек.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке нового типа зондов, применение которых позволит повысить эффективность и вывести на новый уровень измерения свойств бактерий, вирусов, белков и нуклеиновых кислот, что является актуальной задачей для биологических исследований.

В качестве замечаний хочется отметить то, что название диссертации носит довольно общий характер. Приведенное в автореферате описание процесса захвата наночастиц и механизма их удержания в предложенных автором наноловушках недостаточно подробное. При прочтении автореферата были обнаружена опечатка в пункте 1 “Научная новизна”. Высказанные замечания носят общий характер, и не меняют общей положительной оценки работы.

Диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне, по материалам диссертации опубликовано 16 работ в российских и зарубежных журналах, рекомендованных ВАК и также индексируемых в Web of Science и Scopus. По материалам диссертации сделано 11 докладов на всероссийских и международных конференциях.

Диссертационная работа Лукашенко С.Ю. “Особенности использования СЗМ-зондов в нанодиагностике” на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, имеющим важное научное и практическое значение. По объёму исследований, новизне, качеству и значимости полученных результатов данная диссертация 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.

Автор диссертации Лукашенко С.Ю. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Согласен на обработку персональных данных

Канд. физ.-мат. наук по специальности 01.04.10

Евтихийев В.П.

Ведущий научный сотрудник

ФТИ им. А.Ф. Иоффе



Евтихийев Вадим Павлович,
канд. физ.-мат. наук, в.н.с.
194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул.,26
Телефон: +7(812)2922245
ФТИ им. А.Ф. Иоффе
Email: evtikhiev@mail.ioffe.ru
Дата: 12 марта 2025 г.



Подпись Евтихийева В.П. удостоверяю

зам. зав. отделом кадров Геллер Н.С. Буцелко

Отдел кадров _____ **** с печатью