

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационного совета Д 520.009.01 на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» по диссертации Калинина Арсения Сергеевича **«Методы атомно-силовой микроскопии для неразрушающего анализа электромеханических свойств наноструктур»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Получены следующие результаты:

- Предложен, реализован и апробирован новый метод атомно-силовой микроскопии – метод прыжковой силовой микроскопии пьезоотклика, для неразрушающего исследования пьезоэлектрического отклика мягких, хрупких и плохо закрепленных на подложке образцов, одновременно с измерением их рельефа, диэлектрических и количественных механических свойств. Теоретически и экспериментально исследованы его шумовые характеристики в сравнении с существующими методами измерения пьезоэлектрического отклика.
- Разработанным методом впервые проведены неразрушающие измерения пьезоэлектрических свойств пептидных трубок дифенилаланина диаметром менее 100 нм, построены карты распределения их механических свойств. С использованием моделирования методом конечных элементов получено количественное значение модуля Юнга этих структур.
- Разработанным методом впервые продемонстрированы результаты мониторинга электромеханических свойств при изменении температуры образца со скоростью вплоть до $0,1^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ непосредственно в процессе получения изображения на атомно-силовом микроскопе.
- Получено теоретическое соотношение величин сигнал-шум для резонансного и нерезонансного способов измерения пьезоэлектрического отклика с учетом тепловых осцилляций зондового датчика.

2. Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается следующим:

– Оригинальный метод прыжковой силовой микроскопии пьезоотклика (СМП), предложенный в работе, позволяет неразрушающим образом проводить измерения мягких, хрупких и слабо закрепленных наноструктур, таким образом, расширяя применимость атомно-силовой микроскопии на новые классы объектов.

– Метод прыжковой СМП реализован в аппаратном и программном обеспечении серийно выпускаемых атомно-силовых микроскопах.

– Разработанный метод расширяет набор свойств, которые могут быть одновременно охарактеризованы атомно-силовым микроскопом.

– Разработанный метод позволяет наблюдать температурную динамику электромеханических свойств непосредственно в процессе проведения измерений.

3. Достоверность результатов исследования основывается на следующих положениях:

- Результаты измерений воспроизводимы.
- Измерения проводились на сертифицированном серийном оборудовании.
- Результаты измерений согласуются с независимыми данными из современных публикаций в рецензируемых научных журналах.
- Результаты работы неоднократно доложены на профильных российских и зарубежных конференциях, опубликованы в престижных рецензируемых научных изданиях.

4. Личный вклад соискателя заключается в следующем: проведен анализ литературы по выбранной тематике для выбора направлений исследований разработанным методом, соискателем предложен и реализован новый метод прыжковой силовой микроскопии пьезоотклика. Все данные расчетов, экспериментальные результаты и результаты их обработки получены соискателем лично. Соискатель готовил публикации к печати и представлял результаты работы на научных конференциях и семинарах.

* * *

Диссертационный совет пришел к выводу, что работа Калинина А.С. «Методы атомно-силовой микроскопии для неразрушающего анализа электромеханических свойств наноструктур», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 г. № 842.

На заседании 21 декабря 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Калинину Арсению Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени – 16,
против присуждения ученой степени – 0,
недействительных бюллетеней – 0.

Протокол счетной комиссии утвержден единогласно.