



№ _____

На № _____

от _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Калинина А.С. «Методы атомно-силовой микроскопии для неразрушающего анализа электромеханических свойств наноструктур» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

В работе Калинина А.С. представлен оригинальный подход для минимизации разрушающего воздействия зонда на образец при измерениях локальных электрических и механических характеристик методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Актуальность выполненных исследований обусловлена тем, что развиваемый диссертантом метод, так называемой, «прыжковой» силовой микроскопии переводит АСМ в категорию полноценной количественной микроскопии, позволяя в процессе визуализации поверхности образца достаточно быстро измерить его механические и электрические характеристики. «Прыжковый» метод появился не так давно и получил широкое распространение благодаря постоянному увеличению производительности элементной базы и основан на обработке в реальном времени сигнала, отражающего взаимодействие зонда атомно-силового микроскопа с образцом. Работа Калинина А.С. посвящена комбинации «прыжкового» метода с электромеханическими измерениями, реализации и апробации такого подхода. Её практическая значимость несомненна в связи с постоянно возрастающим интересом к исследованию электрических и механических свойств относительно «мягких» биологических объектов, таких как пептидные структуры, бактерии, белковые кристаллы и т.д.

Основываясь на содержании автореферата и перечисленных публикаций соискателя, можно отметить следующую научную значимость работы:

1. Разработан и интегрирован в состав серийно выпускаемого оборудования новый метод атомно-силовой микроскопии – прыжковая силовая микроскопия пьезоотклика. Метод не уступает в шумовых характеристиках существующим, даёт возможность минимизировать разрушающий характер работы атомно-силового микроскопа при измерении пьезоотклика хрупких и мягких наноструктур, одновременно позволяет строить карты распределения механических свойств. Перечисленные возможности показаны автором на примере прецизионных измерений пептидных нанотрубок.

Неразрушающие измерения таких структур, как можно судить, представлены впервые.

2. Прыжковая силовая микроскопия пьезоотклика даёт возможность наблюдать процесс фазового перехода второго рода в сегнетоэлектриках, что было впервые показано на примере измерения скола чистого кристалла триглицинсульфата.

3. Получено важное теоретическое соотношение, позволяющее сравнить чувствительности резонансных и нерезонансных контактных методов АСМ с учетом тепловых осцилляций кантилевера.

Имеется несколько замечаний к содержанию автореферата:

- В работе получен важный экспериментальный результат, демонстрирующий возможность проведения АСМ измерений при изменяющейся температуре, однако, из текста автореферата не ясно, как изменялась и как измерялась температура образца.

- На стр. 13 читаем: «Поскольку не существует стандартных математических моделей расчёта модуля Юнга нанотрубки, применялось моделирование взаимодействия зонда с поверхностью методом конечных элементов...». Но разве метод конечных элементов не является стандартным численным математическим методом расчета, основанном на уравнениях матфизики?

- Не вызывают сомнения все три выносимые на защиту положения, однако, форма изложения положения №2 представляется спорной. Конечно, внимательный читатель поймет, что выносится на защиту, но, на наш взгляд,

использованная автором форма изложения больше соответствует описанию полученных результатов.

- В тексте автореферата встречаются стилистические неточности. Например, на стр. 11 читаем: «По результатам серии измерений среднеквадратичный шум сигнала амплитуды пьезоотклика для прыжковой СПМ составил на 5% больше в сравнении с контактной»

Сделанные замечания, однако, не влияют на общую положительную оценку работы.

На основании текста автореферата диссертации, можно сделать заключение, что диссертационная работа отвечает требованиям ВАК и пунктам 2 и 4 паспорта специальности 01.04.01 – «Приборы методы экспериментальной физики», её результаты полно изложены в научных публикациях автора, работа прошла апробацию на международных научных конференциях, а соискатель Калинин А.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Зам. директора по научной работе,
зав. отделом приборов и методов нанотехнологий

д.ф.-м.н.

7.12.2007



Голубок А.О.

Подпись д.ф.-м.н. Голубка Александра Олеговича заверяю

кар-к о/к Голубок

