

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы
Анкудинова Александра Витальевича
«Диагностика наноустройств методами сканирующей зондовой
микроскопии»,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности
01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики

Работа Анкудинова А.В. посвящена разработке новых количественных методик измерений и обработки экспериментальных результатов в СЗМ исследованиях наноустройств. В предисловии автореферата подробно и объективно рассмотрены во многом еще нерешенные проблемы количественной характеристики результатов, полученных с помощью СЗМ. В первую очередь это касается тех случаев, когда особенности форма зонда и другие его параметры существенно влияют на получаемые с помощью СЗМ данные о топографии поверхности, распределения модуля Юнга и электрических потенциалах на поверхности образца. В связи с этим можно обоснованно говорить об **актуальности** исследований в представленной диссертации.

Новизна полученных результатов, их **достоверность** и **обоснованность** обусловлена использованием различных относительно новых методов СЗМ, современных теоретических представлений о взаимодействии зонда СЗМ с поверхностью различных проводящих и непроводящих материалов.

На мой взгляд, для науки и практики **наиболее значительными результатами**, полученными в при выполнении диссертационной работы являются:

1. Методом СЗМ исследованы особенности формирования химического контраста в изображениях поверхностей сколов полупроводниковых гетероструктур. Показано, что двумерные слои напряжений внутри гетероструктуры создают на поверхности скола особенности рельефа в виде ступеней, гребней или углублений, идущих параллельно краю скола.

2. Разработана методика наблюдения утечки носителей тока из активной области работающих полупроводниковых светодиодов и лазеров. Показано, что из активной области лазера выбрасываются неосновные дырки и растекаются по поверхностному каналу в сторону n -эмиттера и подложки на десятки микрон и дальше. Утечка растет с подъемом тока инжекции, а после достижения лазерной генерации стабилизируется, что хорошо согласуется с ожидаемым ростом и насыщением концентрации неравновесных носителей, инжектированных в активную область - источник утечки.

3. Изучены локальные свойства протонпроводящих мембран, а также полимерно-углеродных нанокompозитов, составляющих каталитические слои

топливных элементов. Найдены оптимальные режимы работы СЗМ для осуществления таких экспериментов. Продемонстрирована возможность выявлять с нанометровым разрешением детали распределения полимерной компоненты на углеродных гранулах каталитического слоя. Результаты исследований были использованы для улучшения технологии изготовления каталитических слоев и оптимизации мембранных материалов воздушно-водородных топливных элементов

4. Рассмотрен надежный и воспроизводимый способ изготовления специализированных сферических зондов субмикронного калиброванного радиуса кривизны для СЗМ исследований. Способ запатентован. Налажен мелкосерийный выпуск таких зондов.

5. С помощью специализированных сферических зондов субмикронного калиброванного радиуса кривизны исследованы механические свойства тонких пленок полисилоксановых блок-сополимеров. Обнаружен существенный рост упруго-прочностных параметров блок-сополимера при введении в объем полимера фуллеренов.

Однако при чтении автореферата диссертационной работы Анкудинова А.В. возникает ряд замечаний и вопросов.

1. К сожалению, в разделе автореферата, посвященном определению модуля Юнга мягких объектов с помощью специально созданного кантилевера с субмикронным шариком, ничего не говорится о методике получения количественных значений модуля Юнга и погрешности в их определении. Не ясно, какие теоретические модели (а их достаточно много) использовал автор при анализе силового взаимодействия полусферы с мягкой поверхностью.

2. Не всегда удачен стиль изложения автореферата. Например, уже второе предложение в тексте автореферата сформулировано автором довольно своеобразно (цитирую): «Одних методов СЗМ десятки [5], а количество комбинаций степень двойки от их числа, т.е. несоизмеримо больше». При этом автор ссылается на довольно старую работу [5], опубликованную в 1999 году!

Указанные недостатки не могут изменить общую положительную оценку работы. В целом считаю, что представленная диссертация выполнена на высоком научном уровне, является законченной научно-исследовательской работой и отвечает специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики.

Сформулированные по результатам работы выводы основаны на результатах, **достоверность** которых обеспечена грамотной постановкой проведенных экспериментов и корректной теоретической интерпретацией полученных данных. Результаты работы прошли апробацию на российских и международных научных конференциях. Материалы диссертации широко представлены в периодических научных изданиях. Все это позволяет сделать вывод, что диссертационная работа Анкудинова А.В. «Диагностика наноустройств методами сканирующей зондовой микроскопии» по актуальности, объему и уровню исследования, а также по теоретической

значимости научных результатов и перспективам их практического использования соответствует предъявляемым к докторским диссертациям требованиям ВАК РФ, а ее автор, Анкудинов А.В., заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики.

Заведующий лабораторией физики и химии поверхности
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского Казанского научного центра Российской академии наук, д.ф.-м. наук, профессор.

Бухараев Анастас Ахметович

420029, Казань, Сибирский тракт, 10/7.
Телефон: (843)2319107
e-mail: a_bukharaev@kfti.knc.ru

01 октября 2015 г.

