

## ОТЗЫВ

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

Диссертация Анкудинова А.В. посвящена актуальной теме – развитию метода сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) применительно к исследованию различных перспективных структур и приборов нанoeлектроники.

Развитие нанотехнологии в последние десятилетия закономерно потребовало развития адекватных методов исследования структурных, физических, химических и др. свойств различных наноматериалов и наноструктур. Одним из таких методов является сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ). Данный метод позволяет изучать не только геометрические характеристики, но также и пространственное распределение множества физических параметров (механических, электрофизических, оптических и др.) разнообразных нанообъектов с субмикронным и нанометровым пространственным разрешением. Однако, для реализации значительных потенциальных возможностей СЗМ необходимо решить ряд методических, метрологических и т. п. задач по разработкам методик проведения измерений, анализа и интерпретации результата, чему, в значительной степени и посвящена диссертационная работа Анкудинова А.В.

Объектами исследований в работе Анкудинова А.В. являлись полупроводниковые гетероструктуры и лазеры, солнечные элементы, топливные ячейки, тонкоплёночные сегнетоэлектрики, полимеры, а также живые клетки и др. Для их исследования автором использованы методы атомно-силовой микроскопии (АСМ), сканирующей кельвиновской микроскопии (СКМ), контактной электросиловой микроскопии (ЭСМ), а также сканирующей ближнепольной оптической микроскопии (СБОМ).

Автором получен ряд важных научных результатов, среди которых можно выделить следующие:

1. Установлено, что на сколах GaAlAs/GaAs лазерных структур слои разного состава могут быть выявлены по перепаду высоты рельефа, вызванному отличием скоростей окисления материалов с разным содержанием Al.

2. В лазерном диоде GaAlAs/GaAs методом СКМ исследовано распределение потенциала в режиме генерации. Установлено, что приложенное напряжение падает не только на  $p-n$  переходе, но и в других местах структуры.

3. Разработана методика определения модуля Юнга подвешенных одномерных нанообъектов (наномостиков) трехточечной СЗМ методом.

4. Разработана методика изготовления АСМ зондов с субмикронными калиброванными сферическими наночастицами на острие.

Достоверность результатов диссертационного исследования обоснованность научных положений и выводов подтверждается их внутренней логической стройностью и непротиворечивостью, согласием теоретических результатов с экспериментальными данными, а также согласием результатов, полученных автором, с литературой.

Результаты работы докладывались автором на значительном числе отечественных и международных научных конференций и достаточно полно опубликованы в научных журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, утверждённый ВАК.

К автореферату имеются следующие замечания:

1) К сожалению, в тексте автореферата не указано (за исключением единственного случая на с. 19) на каком именно оборудовании были выполнены эксперименты, что затрудняет оценку достоверности полученных результатов.

2) На с. 16 автореферата утверждается, что «...на зеркале лазера СБОМ изображения отражают точную картину ближнего поля». В действительности, СБОМ изображение отражает искажённую картину ближнего поля вследствие конечного диаметра апертуры СБОМ зонда, а также вследствие дифракции излучения лазера на краях апертуры зонда.

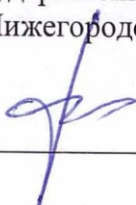
Данные замечания не являются принципиальными и не ставят под сомнение научную и практическую ценность диссертации.

В целом, диссертационная работа Анкудинова А. В. имеет характер полноценного законченного научного исследования, представляет значительную научную и практическую ценность, выполнена на высоком научном уровне и соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям. Считаю, что Анкудинов Александр Витальевич, без сомнения, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Ведущий научный сотрудник Научно-образовательного центра «Физика твердотельных наноструктур» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,

д. ф.-м. н., доцент

28 сентября 2015 г.

  
/Филатов Дмитрий Олегович/

Адрес: 603950, ГСП-20, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23 корп. 3.  
Тел. \_+7-910-797-9536, e-mail: dmitry\_filatov@inbox.ru

Подпись Д.О.Филатова заверяю



по подлиннику  /Филатов Дмитрий Олегович/