

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Чернакова Антона Павловича «Круговые призматические дислокационные петли и релаксация напряжений несоответствия в квазиодномерных наногетероструктурах», представленную к защите по специальности 1.1.8 (ранее 01.02.04) – Механика деформируемого твердого тела

Антон Павлович Чернаков поступил в аспирантуру Университета ИТМО в 2018 году после успешного окончания магистратуры на кафедре «Механика и процессы управления» Института прикладной математики и механики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ). Уже к моменту поступления в аспирантуру А. П. Чернаков имел опыт научной работы на стыке механики деформированного твердого тела и физики конденсированного состояния, который он приобрел под моим руководством во время обучения в бакалавриате и в магистратуре СПбПУ. По результатам этой работы был сделан доклад на Научной конференции с международным участием «Неделя науки СПбПУ» (Санкт-Петербург, 19-24 ноября 2018 г.), признанный лучшим докладом на секции «Физика прочности и пластичности материалов», и опубликована статья в материалах этой конференции. Таким образом, к окончанию магистратуры А. П. Чернаков имел хороший научный задел.

Научная работа, которой занимался А. П. Чернаков в процессе своего обучения в аспирантуре, стала естественным продолжением его предшествующих научных исследований. Она заключалась в решении граничных задач теории упругости для круговых призматических дислокационных петель в упруго-изотропном цилиндре и вокруг цилиндрической полости в бесконечной упруго-изотропной среде, в изучении полученных решений для полей напряжений, упругой дилатации и энергии петель, и в разработке на основе этих решений теоретических моделей релаксации напряжений несоответствия в квазиодномерных наногетероструктурах – в нанопроволоке типа «ядро-оболочка», в нанотрубке, внедренной в бесконечную матрицу, и в составной гибридной нанопроволоке с плоской поперечной границей раздела. Разработка и анализ подобных моделей составляют одно из основных направлений развития современной теории дефектов и представляет большой интерес для практического использования в части интерпретации экспериментальных наблюдений и предсказания критических условий и закономерностей зарождения и развития дефектов в приборных структурах электроники, оптоэлектроники и фотоники.

За время подготовки своей диссертации А. П. Чернаков проявил себя как настойчивый, инициативный и знающий исследователь. Выполнение работы потребовало от него значительных усилий по изучению широкого круга вопросов, связанных с получением, экспериментальным изучением и теоретическим описанием реальной структуры и свойств квазиодномерных наногетероструктур с единых позиций теории дефектов. Ему пришлось изучить большой объем научной литературы, освоить технику проведения аналитических и численных расчетов, а также научиться самостоятельно программировать и работать в среде вычислительного пакета Mathematica.

А. П. Чернаков успешно выполнил предложенную ему программу научных исследований. Используя метод А. И. Лурье решения осесимметричных пространственных граничных задач теории упругости, он получил новые решения задач об аксиальной круговой призматической дислокационной петле в упруго-изотропном цилиндре и вокруг цилиндрической полости в бесконечной упруго-изотропной среде, нашел аналитические выражения для полей напряжений, упругой дилатации и энергии такой петли. Первое из этих решений оказалось существенно проще, чем полученные ранее другими авторами, а второе было получено впервые. С помощью этих решений он рассчитал и исследовал критические условия образования таких петель в рассмотренных нанопроволоках и в системе «нанотрубка в матрице» и впервые определил равновесную плотность распределения петель дислокаций

несоответствия по границе раздела вдоль оси нанопроволоки типа «ядро-оболочка». В последнем случае полученные решения позволяют: 1) рассчитывать равновесное частично-релаксированное состояние в такой системе, 2) объяснять экспериментальные наблюдения подобных дефектных структур в реальных композитных нанопроволоках, 3) предсказывать условия появления в них дислокаций несоответствия исследованного типа, 4) прогнозировать плотность распределения таких дислокаций по границе раздела. Важно отметить, что последняя задача никогда раньше для композитных нанопроволок не ставилась и не решалась. Сравнение рассчитанных здесь равновесных расстояний между дислокациями с данными эксперимента по их наблюдению в полупроводниковых нанопроволоках, состоящих из ядра InAs и оболочки GaAs (Popovitz-Biro et al., 2011), показало отличное соответствие, которое в этой области достигается крайне редко. Другим новым, важным и интересным результатом стало доказательство того, что в случае гибридной нанопроволоки с плоской границей раздела релаксация напряжений несоответствия может происходить за счет образования аксиальных призматических дислокационных петель, расположенных в поперечных сечениях нанопроволоки на некотором равновесном удалении от границы раздела. Таким образом, полученные А. П. Чернаковым результаты могут оказаться полезными для исследователей, занятых разработкой, получением и экспериментальным изучением структуры и свойств различных композитных нанопроволок, а также матричных композитов с наполнителем в виде нанотрубок.

За время своего обучения в аспирантуре Университета ИТМО А. П. Чернаков выступал исполнителем проектов, поддержанных Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (проект №2019-1442) и РФФИ (грант № 19-19-00617).

По результатам своей научной работы во время обучения в аспирантуре А. П. Чернаков сделал 9 докладов на международных и всероссийских научных конференциях разного уровня. Список его научных публикаций по теме диссертации включает 3 статьи в таких журналах первого ряда (Q1) как “International Journal of Engineering Science”, “European Journal of Mechanics / A Solids” и “Extreme Mechanics Letters”, а также тезисы в сборниках материалов конференций.

Считаю, что А. П. Чернаков показал себя хорошо подготовленным, самостоятельным и перспективным молодым ученым, заслуживающий за свою диссертацию работу по теме «Круговые призматические дислокационные петли и релаксация напряжений несоответствия в квазиодномерных наногетероструктурах» присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 (ранее 01.02.04) – Механика деформируемого твердого тела.

Доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник,
заведующий лабораторией механики
наноматериалов и теории дефектов ИПМаш РАН

М. Ю. Гуткин



Гуткина М. Ю.

Помощник директора

Фед./Индустриала С. И.

10 сентября 2022г.