

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Жаркова Станислава Юрьевича «Повышение износостойкости меди при трении в атмосфере инертного газа методами ионной имплантации и нанесения покрытий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Жарков Станислав Юрьевич, 1990 г. рождения, в 2014 г. с отличием закончил магистратуру Национального исследовательского Томского политехнического университета, где обучался на кафедре физики высоких технологий в машиностроении. В этом же году поступил в очную аспирантуру ИФПМ СО РАН. Еще во время обучения в НИ ТПУ он принимал активное участие в разработках и исследованиях нанокompозитных покрытий, получаемых ионно-плазменными методами с применением высокоэнергетических ионных пучков в лаборатории материаловедения покрытий и нанотехнологий ИФПМ СО РАН. В аспирантуре ему было предложено более глубоко заняться проблемой износа электропроводящих пар трения, работающих в условиях инертного газа (вакуума), на основе разработки и применения ионно-магнетронных способов модификации поверхности материалов.

Диссертационная работа Жаркова С.Ю. посвящена решению актуальной научной задачи – созданию поверхностных микроструктур металлов с целью повышения износостойкости без снижения их электропроводности ионно-пучковыми методами и ионно-плазменному формированию функциональных проводящих наноструктурных покрытий триботехнического назначения для работы в условиях инертной газовой атмосферы (вакуума). При этом она тесно смыкается с важной практической задачей – разработкой метода повышения износостойкости и ресурса работы токосъемников вращающихся контактных устройств космических сканеров-зондировщиков дистанционного зондирования Земли.

На основе проведенных экспериментальных исследований автор диссертации впервые установил факторы и физические механизмы, способствующие увеличению износостойкости имплантированных ионами азота медных образцов, работающих в паре трения с медным контртелом в атмосфере аргона. Преодолев известные в мире проблемы с разработкой высокоизносостойких покрытий, которые одновременно бы обладали

высокой электропроводностью, Жаркову С.Ю. в своей работе удалось разработать и подробно изучить способ формирования новых высокоэлектропроводных твердосмазочных покрытий на основе системы Cu–Mo–S посредством импульсного (в среднечастотном диапазоне) магнетронного распыления композиционных мишеней на основе Cu и MoS<sub>2</sub> оригинальной конструкции. Методами рентгеноструктурного анализа, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии с использованием метода электронной микродифракции и рентгеновского микроанализа установлено, что структура таких покрытий включает два уровня: на микроуровне, она состоит из микроволокон, промежутки между которыми заполнены микроглобулами, на наноуровне – включает медные квазикубоиды и наночастицы фазы Шевреля Cu<sub>2</sub>Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>. Микроволокна состоят из нанокристаллитов Cu<sub>2</sub>Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>, тогда как микроглобулы представляют собой конгломераты из медных квазикубоидов и нанокристаллитов Cu<sub>2</sub>Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>. Выявлены режимы формирования и структурно-фазовое состояние покрытий, обеспечивающие значительное, более чем в 300 раз, возрастание износостойкости медных пар трения, а также установлены закономерности и механизм изнашивания меди с нанесенными покрытиями в атмосфере инертного газа в бестоковом режиме и при пропускании переменного электрического тока.

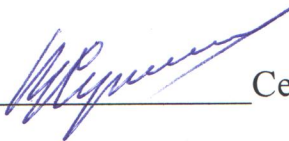
При выполнении диссертационной работы Жарков С.Ю. проявил себя квалифицированным и инициативным исследователем. Он принимал активное участие в постановке задач исследований, обсуждении полученных результатов, в основном самостоятельно готовил и проводил эксперименты, обрабатывал и анализировал их результаты и подготавливал статьи для публикации в научных журналах. Результаты исследования полностью отражены Жарковым С.Ю. в 22 публикациях, из них 5 – в журналах, индексируемых в базах данных Web of Sciences и Scopus, 2 – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, остальные – в виде тезисов и статей в материалах конференций. Работа была апробирована на 16 международных и российских научных конференциях. По результатам исследований Жарков С.Ю. неоднократно занимал первые места в конкурсах на лучшую научную работу среди участников молодежных научных конференций и Всероссийского молодежного конкурса научно-технических

работ «Орбита молодежи», проведенного Госкорпорацией «Роскосмос» в 2017 г..

Исследования по теме диссертации выполнены в рамках темы по программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук № III.23.1.1 (2013–2020), проекта РФФИ № 13-08-00616-а (2013–2015 гг.).


Диссертационная работа Жаркова С.Ю. является законченным научным исследованием, выполненным соискателем самостоятельно. Считаю, что по своему научному уровню, актуальности, новизне и достоверности результатов, обоснованности выводов, научной и практической значимости работа полностью отвечает требованиям п.п. II.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а соискатель Жарков С.Ю. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния.

Научный руководитель, доктор  
технических наук, заведующий  
лабораторией материаловедения  
покрытий и нанотехнологий  
ИФПМ СО РАН  
634055, Россия, г. Томск,  
пр.Академический, 8/2  
Тел.: (3822)491481  
E-mail: vsERG@mail.tomsknet.ru



Сергеев Виктор Петрович

Подпись В.П. Сергеева удостоверяю.  
Ученый секретарь ФГБУН ИФПМ  
СО РАН, кандидат физико-  
математических  
наук

Н.Ю. Матолыгина