ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Артема Прима «Высоковольтный стенд и методика для имитационного радиационного облучения конструкционных материалов», представленную на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.12 – Техника высоких напряжений

Прима Артем после окончания магистратуры Томского политехнического университета по направлению «Техника и физика высоких напряжений» в 2017 году был зачислен в аспирантуру ТПУ (очная форма) и работал в Отделении материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий ТПУ.

Целью работы Артема была разработка стенда для исследования радиационной стойкости конструкционных материалов (металлов и сплавов), сочетающего формирование радиационных дефектов импульсным пучком ускоренных атомов и измерение их основных параметров непосредственно после радиационного облучения.

Томский политехнический университет является мировым лидером в области генерации и применения импульсных пучков заряженных частиц гигаватной мощности. Профессорами ТПУ Месяцем Г.А., Быстрицким В.М., Диденко А.Н., Усовым Ю.П. и Ремневым Г.Е. выполнены основополагающие работы по генерации импульсных электронных и ионных пучков наносекундной длительности. Диссертационная работа Артема является продолжением этих исследований.

Развитие атомной промышленности, активное освоение космоса и изучение термоядерного синтеза требуют разработки конструкционных материалов (прежде всего металлов и сплавов) с высокой радиационной стойкостью. Процесс наработки радиационных дефектов протекает значительно быстрее при облучении заряженными частицами и поэтому в последние годы активно разрабатываются методы имитационного радиационного облучения конструкционных материалов с помощью электронных или ионных пучков. Однако имитационное облучение пучками заряженных частиц существенно отличается от нейтронного облучения в ядерном реакторе. Отличие процессов, протекающих при имитационном и реакторном облучениях, не позволяет делать точные прогнозы радиационной стойкости конструкционных материалов. Поэтому разработка имитационных методов исследования радиационной стойкости материалов, более полно соответствующих прямому облучению в ядерном реакторе, является актуальной задачей.

Наиболее значимые результаты работы Артема следующие:

Разработан новый метод генерации импульсного ионного пучка вакуумным диодом с пассивным металлическим анодом. Разработана феноменологическая

модель процесса генерации пучка, включающая анализ различных физических и плазмохимических процессов в диоде.

Впервые показано, что использование металлической сетки в области транспортировки ионов обеспечивает их эффективную перезарядку и дополнительную фокусировку. Установлено, что использование металлической сетки в области дрейфа ионов увеличивает долю энергии ускоренных атомов в полной энергии пучка с 15-30% до 98%.

Разработана оригинальная калориметрическая диагностика радиационных дефектов, которая позволяет измерить концентрацию, пороговую энергию миграции и динамику их отжига в реальном масштабе времени с высоким временным разрешением (0.01-0.1 с) непосредственно после формирования радиационных дефектов.

Достоверность результатов, полученных Артемом и представленных в диссертационной работе, обеспечивается надежностью используемых методов и средств, подтверждается повторяемостью результатов экспериментов, сравнением с результатами полученными другими методами, и соответствием ранее опубликованными результатам. Все исследования проведены автором диссертации лично, либо при его определяющем участии. Постановка задач исследований и анализ полученных данных осуществлялись совместно с научным руководителем. Результаты, представленные в диссертации, получены автором лично.

За время работы Артем зарекомендовал себя творческим и трудолюбивым специалистом, обладающим лидерскими качествами, способным самостоятельно ставить и решать сложные научно-технические задачи. В течение аспирантской подготовки он прошел стажировку в Dalian University of Technology (лаборатория модификации материалов лазерными, ионными и электронными пучками), г. Далянь, Китай и в Институте ядерной физики (РГП ИЯФ) Министерства энергетики Республики Казахстан (лаборатория прикладного и теоретического материаловедения отдела Радиационной физики твердого тела), г. Алматы, Казахстан.

Практическая значимость работы Артема определяется тем, что полученные результаты использованы при разработке технологического генератора мощных ионных пучков с большим ресурсом и высокой стабильностью работы. Выполнен большой объем НИР по генерации и диагностике импульсных пучков ускоренных атомов, формированию и исследованию радиационных дефектов в металлических мишенях. Артем входил в состав основных исполнителей 5 грантов: Грант РФФИ №16-48-700012 р-Сибирь «Разработка генератора мощных ионных пучков для пучково-плазменных технологий модификации поверхности материалов и изделий». Грант РФФИ №17-08-00067 «Спиральный ионный диод с магнитной самоизоляцией электронов». Грант РФФИ № 19-38-90001 «Генерация импульсного пучка ускоренных атомов для имитационного радиационного

облучения конструкционных материалов». Грант РНФ №17-79-10140 «Ударно-волновая модификация металлических изделий мощным ионным пучком».

Полученные с участием Артема научные результаты получили высокую оценку ведущих специалистов в области сильноточной электроники, радиационной физики и физики ускорителей. Прима Артем является соавтором монографии «Генерация, диагностика и применение мощных ионных пучков с высокой плотностью энергии»; шести статей, реферируемых в Scopus и Web of Science, они имеют импакт-фактор более 1. Результаты исследований докладывались им лично на международных научных конференциях.

Результаты диссертационной работы использованы в научной деятельности Dalian University of Technology (г. Далянь, Китай) и Казанского физико-технического института им. Е.К. Завойского, г. Казань.

В ходе аспирантской подготовки Артем проводил практические занятия по курсам «Пучково-плазменные технологии обработки материалов» и «Физические основы взаимодействия излучения с веществом» для бакалавров и магистрантов Отделении материаловедения ИШНПТ ТПУ.

Диссертационная работа «Высоковольтный стенд и методика для имитационного радиационного облучения конструкционных материалов», выполненная Артемом Прима, представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Считаю, что работа удовлетворяет требованиям Томского политехнического университета, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Прима Артем заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.12 – Техника высоких напряжений.

Научный руководитель
доктор физико-математических наук,
профессор
профессор Отделения материаловедения
Инженерной школы новых
производственных
технологий ТПУ _____ Пушкарев А.И.

18.06.21

634028 г. Томск, пр. Ленина 2а, корпус 11.
e-mail: aipush@tpu.ru
тел. 9 3- -45

«Подпись Пушкарева А.И. заверяю»

Ученый секретарь Томского
Политехнического университета _____ Кулинич Е.А.