

ОТЗЫВ

научного руководителя

на диссертационную работу Чижова Игоря Викторовича «Структурно-фазовые состояния и физико-механические свойства наноструктурированных покрытий TiAlCuN, TiAlCuCN, TiAlSiN, TiAlSiCN для космической техники», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Диссертация Чижова Игоря Викторовича «Структурно-фазовые состояния и физико-механические свойства наноструктурированных покрытий TiAlCuN, TiAlCuCN, TiAlSiN, TiAlSiCN для космической техники» посвящена установлению взаимосвязи между составом, особенностями структуры и физико-механическими свойствами тонкоплёночных структур TiAlCuN, TiAlCuCN, TiAlSiN, TiAlSiCN. Изучено влияние технологических параметров их формирования методом реактивного магнетронного распыления: варьирование компонентного состава мишеней, режимов нанесения, концентраций легирующих компонентов. Актуальность представленных в диссертационной работе исследований, в первую очередь, обусловлена перспективами разработки наноструктурированных покрытий на основе системы TiAlN с добавками Cu, Si и C для космической техники, способных обеспечивать надежное функционирование космического аппарата в экстремальных условиях космического пространства. Предлагаемые покрытия обладают уникальным сочетанием терморегулирующих, механических, трибологических и электрофизических свойств. Их применение обеспечит комплексную защиту от экстремальных факторов космического пространства, в том числе: обеспечит пассивную терморегуляцию, предотвратит скопление электростатического заряда на поверхности малого космического аппарата, повысит надежность и долговечность бортовой электроники при незначительном повышении массы и стоимости космического аппарата.

Соискателем впервые экспериментально установлены зависимости электрофизических, оптических, механических и трибологических характеристик от варьирования параметров нанесения методом реактивного магнетронного распыления для систем нитридных покрытий TiAlCuN, TiAlSiN и систем карбонитридных покрытий TiAlCuCN, TiAlSiCN.

Тема диссертационной работы Чижова И.В. соответствует перечню приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2021–2025 годы п. 4

«Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: аддитивные технологии; композиционные и многофункциональные материалы; наноматериалы и нанотехнологии, нанодиагностика» (Указ Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 № 156), приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь на 2026 – 2030 годы (Указ Президента Республики Беларусь от 01.04.2025 № 135): 2. Инновационные технологии в промышленности: плазменные, оптические и лазерные технологии и оборудование; космические и авиационные технологии; новые материалы с заданными свойствами.

В ходе выполнения диссертационного исследования Чижов И.В. решил следующие задачи:

– определил элементный состав плёнок TiAlCuN, TiAlCuCN, TiAlSiN, TiAlSiCN полученных посредством мишеней с различным отношением титана и алюминия, с варьированием напуска реактивных газов, с добавлением в состав мишени меди и кремния;

– выявил зависимости особенностей структурно-фазового состояния покрытий TiAlCuN, TiAlCuCN, TiAlSiN, TiAlSiCN полученных с использованием различных мишеней, с варьированием отношения металлической к неметаллической компоненте, с внесением добавок меди и кремния в состав мишени, напуска ацетилена в вакуумную камеру;

– установил влияния режимов нанесения, а также состава и структуры покрытий TiAlCuN, TiAlCuCN, TiAlSiN, TiAlSiCN на их оптические, терморегулирующие, электрофизические, механические и трибологические свойства;

– разработал программный комплекс для автоматизированной обработки результатов микромеханических испытаний методом наноиндентирования.

Основные результаты диссертации опубликованы в 40 научных работах, в том числе в 8 статьях в научных рецензируемых журналах, соответствующих п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, в том числе RSC Advances (IF 4,72), Acta Physica Polonica A (IF 0,61). Результаты диссертационных исследований апробированы на ряде международных научных и научно-технических конференций, а также внедрены в образовательный процесс, о чем получен акт о практическом использовании результатов исследования в образовательном процессе БГУ. Получено свидетельство о регистрации компьютерной программы «NanoHardInfo».

С 2021 по настоящее время Чижов И.В. занимает должность младшего научного сотрудника лаборатории элионики Научно-исследовательского учреждения «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета. В процессе обучения в аспирантуре Чижов И.В. принимал активное участие в научно-исследовательской работе, освоил ряд научных методик исследования материалов с помощью современного научного оборудования, обработал значительное количество экспериментальных данных. Чижов И.В. зарекомендовал себя как исполнительный, ответственный научный сотрудник, способный адекватно анализировать полученные результаты.

Считаю, что диссертационная работа Чижова И.В. соответствует требованиям к кандидатским диссертациям ВАК Республики Беларусь, а соискатель ученой степени заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния за:

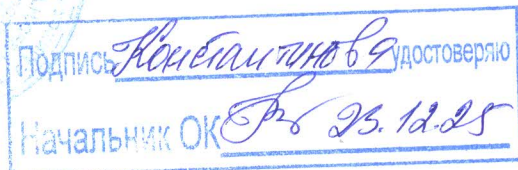
– установление физико-химических закономерностей формирования покрытий $TiAlCuN$, $TiAlCuCN$, $TiAlSiN$, $TiAlSiCN$, заключающиеся в воспроизведении концентраций примесей меди и кремния при использовании мишеней с заданной долей элементов;

– выявление закономерностей изменения структурно-фазового состояния осаждаемых покрытий, заключающиеся в формировании однофазного неупорядоченного твёрдого раствора замещения кубической сингонии на базе гранецентрированной кубической решётки типа $NaCl$;

– установление эффекта снижения коэффициента поглощения солнечного излучения a_s на 38 % и эффективности фототермического преобразования η на 36 % разработанных покрытий, что позволит предотвращать локальное скопление заряда на поверхности малых космических аппаратов и повысит надёжность и долговечность их эксплуатации;

– определение закономерностей изменения механических и трибологических характеристик наноструктурированных покрытий $TiAlCuN$, $TiAlCuCN$, $TiAlSiN$, $TiAlSiCN$ при их формировании методом реактивного магнетронного распыления.

Кандидат физико-математических наук,
доцент



С.В. Константинов