

**Отзыв на автореферат диссертации Чертовой (Сытченко) Алины Дмитриевны
«Получение функциональных покрытий на основе силицида, нитрида и карбида
тантала методом магнетронного распыления керамических мишеней»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы»**

Методы физического осаждения из паровой фазы, такие как магнетронное распыление на постоянном токе (МР), импульсное магнетронное распыление (ИМР) и высокоомощное импульсное магнетронное распыление (ВИМР), являются передовыми технологиями нанесения защитных покрытий на основе тугоплавких соединений переходных металлов. Особый интерес представляет применение композиционных керамических катодов-мишеней, обеспечивающих возможность формирования наноструктурных покрытий заданного состава. Целью диссертационной работы Чертовой (Сытченко) А.Д. является разработка защитных (износостойких и жаростойких), а также просветляющих покрытий, получаемых ионно-плазменными методами осаждения с применением керамических СВС-материалов. Актуальность работы подтверждается выполнением ее в рамках государственного задания Минобрнауки и проектов российского научного фонда, а также публикациями в престижных журналах, как, например, *Surfaces and Interfaces* (Q1, IF – 6.2).

В работе соискателя получены результаты, научная новизна которых состоит из ряда основополагающих заключений. Установлены закономерности влияния режимов распыления, аморфизирующих (Si,B) и функциональных добавок (N, C и Zr) на структуру и свойства танталосодержащих покрытий, предназначенных для повышения износостойкости деталей пар трения, стойкости к окислению изделий из композиционных материалов, стойкости к абразивному и эрозионному износу компонентов оптических систем. Высокие защитные свойства покрытий достигаются за счет формирования нанокompозитных или аморфных структур с высокой долей термически стабильной фазы на основе $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$, а также образования твердых карбидных фаз и формирования функциональных поверхностных оксидных пленок в процессе высокотемпературного воздействия.

Установлено влияние азота и углерода на оптические коэффициенты пропускания и отражения, а также показатель преломления покрытий, полученных методом магнетронного распыления керамических мишеней на основе TaSi_2 . Введение азота приводит к образованию аморфной структуры, содержащей не менее 60 ат.%. фазы $\alpha\text{-SiN}_x$, что обеспечивает высокий коэффициент пропускания 88%. В то же время, образование связей Si-C при снижении доли связей Si-N приводит к уменьшению показателя преломления на 10%.

В покрытиях Ta-Si-B-C-N обнаружен положительный эффект легирования бором на стойкость покрытий к окислению, заключающийся в снижении вязкости и увеличении самозалечивающего эффекта оксидного слоя $\alpha\text{-SiO}_x$, что увеличивает максимальную рабочую температуру до 1500°C.

Разработаны износостойкие покрытия в системе Ta-Zr-Si-B-C, которые, за счет своей высокой твердости (~30 ГПа) и смазывающего эффекта свободного углерода, позволяют снизить коэффициент трения и увеличить износостойкость деталей трибологического назначения на 25%.

Результаты диссертационной работы также имеют важное практическое значение. Можно выделить, прежде всего, разработку состава и способа получения ионно-плазменных твердых покрытий в системе Ta-Si-N для защиты деталей оптических

устройств (ноу-хау № 04-732-2022 ОИС от 17 февраля 2022 г. и технологическая инструкция ТИ 55-11301236-2022).

Разработанные покрытия могут быть успешно применены для защиты оптических элементов от эрозионного и абразивного воздействия, повышения ресурса работы клиновых задвижек запорной арматуры и увеличения максимальной рабочей температуры жаропрочных и керамических материалов.

В качестве замечаний по работе можно отметить следующее:

1. В работе отсутствуют обоснование выбора параметров магнетронного распыления. Какая была температура подложек? Подавалось ли напряжение смещения?
2. В работе отсутствует объяснение выбора некоторых легирующих элементов. Как введение циркония повлияло на свойства получаемых покрытий?
3. В автореферате следовало бы привести краткие данные о химическом и фазовом составе применяемых керамических катодов-мишеней. Проводилось ли сравнительное исследование свойств используемых катодов-мишеней?

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы. В целом, представленная диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, а по своей актуальности, полученным научным и практическим результатам отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете МИСИС». Ее автор Чертова (Сытченко) А. Д. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Смыслов Анатолий Михайлович, доктор технических наук по специальности 05.07.05 – тепловые двигатели летательных аппаратов, профессор, кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Уфимского университета науки и технологий». Тел.: 89083503580, e-mail: smyslovam@yandex.ru

Даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы Чертовой (Сытченко) Алины Дмитриевны, и их дальнейшую обработку.

Дата



Смыслов А.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» .
450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12.



Письмо	Смыслова А.М.
Состоит из	«13» 10 2023г.
ам.начальника общего отдела УУНТ	Т.И.Исмет
	Ильминбаева Т.Р.