

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации «Углеродородные покрытия с кремнием и кислородом: структура, свойства, применение», выполненной Гренадёровым Александром Сергеевичем, и представленной к защите на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертация Гренадёрова А.С. посвящена разработке метода осаждения углеродородных покрытий с кремнием и кислородом ( $a\text{-C:H:SiO}_x$ ), основанного на использовании импульсного биполярного смещения подложки. Разрабатываемые покрытия обладают высокой твердостью (13-20 ГПа), низким коэффициентом трения (менее 0,1), низкой скоростью износа (менее  $10^{-6}$   $\text{мм}^3\text{H}^{-1}\text{M}^{-1}$ ), хорошей биоинертностью и другими интересными свойствами. Таким образом, разработка новых подходов для создания функциональных материалов, обладающих широким спектром свойств, является **актуальной** задачей.

Автором было показано повышение просветляющей способности кремния в инфракрасной области длин волн за счёт осаждения покрытий  $a\text{-C:H:SiO}_x$ , а также проведены исследования влияния температуры отжига на просветляющую способность и механические свойства. Определен температурный диапазон, при котором покрытия сохраняют свои оптические и механические свойства.

А.С. Гренадёровым предложены технологические решения, заключаемые в предварительном азотировании поверхности, создании поверхностного сплава, обработке поверхности ионами кислорода и обеспечивающие повышение адгезионной прочности покрытий  $a\text{-C:H:SiO}_x$  к аустенитной стали и полипропилену, а также механических, трибологических и антикоррозионных свойств.

Широкий спектр проведенных медико-биологических исследований позволил продемонстрировать преимущества и перспективы использования разрабатываемых покрытий  $a\text{-C:H:SiO}_x$  не только на образцах полипропилена и титанового сплава ВТ6 наиболее часто используемых при создании медицинских изделий, но и непосредственно на изделиях устройства вспомогательного кровообращения на основе насоса дискового типа.

Достоверность и корректность полученных результатов подтверждается неоднократным повторением экспериментальных исследований, использованием современного сертифицированного оборудования и дублирующих методик исследований.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, учитываемых ВАК.

По содержанию автореферата имеется замечание. В работе подробно исследованы покрытия, образовавшиеся в плазмохимическом процессе из ПФМС. Это задавало соотношение концентраций элементов, образовавших покрытие.

ИФПМ СО РАН	
« 31 МАЙ 2023	201 г.
вх. № 31.05.23/4	
индекс	



Остается непроясненным вопрос – как будут меняться свойства образующейся пленки при вариации, допустим, отношения концентраций углерода и кремния. Для получения ответа на этот вопрос можно было бы добавлять в исходную смесь либо углеводорода, например, метана, или моносилана. Возможно, это дало бы углубленное понимание роли кремния в модификации свойств покрытия и дополнительный способ управлять свойствами покрытия. Полагаю, что проведение даже небольшого экспериментального исследования в этом направлении было бы весьма полезным, хотя бы с точки зрения обозначения перспективы развития предложенной автором технологии нанесения а-C:H:SiO<sub>x</sub> покрытий.

Высказанные замечания не снижают общую положительную оценку и носят рекомендательный характер. Согласно содержанию предоставленного автореферата, диссертационная работа Гренадёрова А.С. «Углеводородные покрытия с кремнием и кислородом: структура, свойства, применение» соответствует всем требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней от 24.09.2013 (в редакции от 11.09.2021 г.) п.п. П.9-11, а её автор, Гренадёров Александр Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

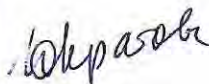
Я, Поздняков Георгий Алексеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Старший научный сотрудник  
лаборатории №4  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт теоретической и прикладной  
механики им. С.А. Христиановича  
Сибирского отделения  
Российской академии наук  
(630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1;  
8 (383) 330-42-68, admin@itam.nsc.ru, http://itam.nsc.ru/),  
доктор физико-математических наук  
(01.02.05. – Механика жидкости, газа и плазмы)



Поздняков Георгий Алексеевич

«13» мая 2023 г.  
Подпись Г.А. Позднякова удостоверяю.  
Ученый секретарь ИТПМ СО РАН,  
к. ф.-м. н



Ю.В. Кратова