

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный
исследовательский центр
Уральского отделения
Российской академии наук
(ПФИЦ УрО РАН)

614990, г. Пермь, ул. Ленина, 13а
Тел. (342) 212-60-08, факс (342) 212-93-77
E-mail: psc@permisc.ru, http://www.permisc.ru
ИНН 5902292103, КПП 590201001

27.07.2026 № 337/2115-334

на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУН

«Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук»
д.ф.-м.н., член корреспондент РАН

26 июня 2026 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук»
(филиал – Институт механики сплошных сред УрО РАН)

по диссертации Чудинова Вячеслава Сергеевича

*"Физические свойства углеродного нанослоя, сформированного ионно-плазменной обработкой
на полимерных материалах"*

*на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.8 — Физика конденсированного состояния.*

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук "Физические свойства углеродного нанослоя, сформированного ионно-плазменной обработкой на полимерных материалах" выполнена в лаборатории Механики функциональных материалов Института механики сплошных сред УрО РАН (ИМСС УрО РАН) – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН).

Соискатель Чудинов Вячеслав Сергеевич в 2008 г. окончил ПГНИУ ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по специальности 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» с присвоением квалификации специалиста. В 2020 г. соискатель окончил очную аспирантуру ИМСС УрО РАН по специальности/по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (направленность 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела).

В период подготовки диссертации с 2016 г. по 2018 г. включительно соискатель Чудинов Вячеслав Сергеевич работал в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ПГНИУ) на кафедре Механики сплошных сред и вычислительных технологий в должности инженера. В период подготовки диссертации с 2019 г. по настоящее время соискатель работал в лаборатории Механики функциональных материалов ИМСС УрО РАН в должности младшего научного сотрудника.

Тема научно-квалификационной работы "Физические свойства углеродного нанослоя, сформированного ионно-плазменной обработкой на полимерных материалах" по специальности 1.3.8 — Физика конденсированного состояния утверждена Ученым советом ИМСС УрО РАН 29 октября 2018 г., протокол № 04/18.

Справка № 117700\6546-44 об обучении и сдаче кандидатских экзаменов по специальности 01.02.04 (иностранный (английский) язык – удовлетворительно, история и философия науки – хорошо, механика деформируемого твердого тела – отлично) выдана 12 октября 2020 г. ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук». Справка №491 о сдаче кандидатских экзаменов по специальности 1.3.8 — Физика конденсированного состояния (оценка – хорошо) выдана 13 марта 2025 г. ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории Механики функциональных материалов ИМСС УрО РАН Шардаков Игорь Николаевич – представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

1. Актуальность темы диссертационной работы.

Модификация поверхности полимерных материалов потоком ионов имеет достаточно долгую историю, начиная с 80-х годов 20-го века. Изначально ионная обработка полимерных материалов использовалась для модификации свойств изолирующих полимеров для превращения их в полупроводники. Ионная обработка приводит к значительному изменению молекулярной структуры поверхности полимера, соответственно меняются не только электрические свойства, но и оптические, механические, трибологические свойства, смачиваемость, адгезия, износостойкость. Это расширяет спектр возможных применений: например, такие материалы используют для изготовления светофильтров, волноводов и электрооптических модуляторов, тензодатчиков, сенсоров на основе плазмонного резонанса и многого другого. Известно, что в результате определенных режимов плазменной обработки ионами газа на поверхности полимерных материалов может быть сформирован тонкий карбонизированный слой. Научный интерес представляют уникальные физические свойства сформированного карбонизированного слоя, зависящие от параметров ионно-плазменной обработки.

Большой интерес к исследованию физических свойств полимерных материалов с карбонизированным поверхностным слоем вызван возможностями использования их в медицинской практике для изготовления имплантатов. Именно особые физические свойства поверхностного слоя могут обеспечить биосовместимость вживляемых в организм имплантатов из полиэтилена, полиуретана и других полимерных материалов. Это обусловлено тем, что реакция организма на имплантат, в том числе и негативная, в значительной степени реализуется на границе его контакта со средой живого организма. Поэтому одним из способов повышения биосовместимости может быть создание тонкого слоя на поверхности имплантата с необходимыми физико-химическими свойствами.

Таким образом, тема диссертационной работы «Физические свойства углеродного нанослоя, сформированного ионно-плазменной обработкой на полимерных материалах» является актуальной.

2. Новизна и практическая значимость полученных результатов.

Научная новизна:

1) По результатам КРС, РФЭС, ЭПР и ИК МНПВО - спектроскопии установлено, что сформированный карбонизированный слой состоит из аморфного углерода с включениями графитовых кластеров и содержит активные свободные радикалы, стабилизированные π -электронами, способные взаимодействовать с адсорбируемыми молекулами.

2) Из анализа результатов ИК спектроскопии модифицированного поверхностного слоя полимерных материалов установлено появление в нем различных углерод-, кислород- и азотсодержащих соединений, не присутствующих в молекулярной структуре исходного полимерного материала.

3) Получены экспериментальные зависимости смачиваемости и поверхностной энергии углеродного слоя от режима ионно-плазменной обработки поверхности для различных полимерных материалов. Установлено, что ионно-плазменная обработка обеспечивает

существенное снижение угла смачиваемости и значимое увеличение поверхностной энергии, которые сохраняются в течение длительного времени.

4) По результатам численного моделирования осуществлена оценка толщины углеродного слоя, которая подтверждена результатами спектральной эллипсометрии. В среднем его толщина составила 60-70 нм.

5) По результатам оптической и атомно-силовой микроскопии показано, что параметры морфологии поверхности углеродного покрытия (периодичность и амплитуды волнообразований, распределение трещин) зависят от флюенса обработки, энергии ионов, механических свойств и структуры полимеров.

6) Установлено, что наличие в углеродном нанослое стабилизированных неспаренных электронов при атомах углерода обеспечивает ковалентную связь с белками.

7) С использованием разработанной экспериментальной установки предложен и реализован подход создания углеродного слоя на внутренней поверхности полый полимерной трубки.

Теоретическая и практическая значимость:

1. Совокупность установленных зависимостей молекулярно-структурных параметров и физических макросвойств углеродного слоя на поверхности полимерных материалов от режимов ионно-плазменной обработки является научной основой, позволяющей за счет ионно-плазменной обработки управлять свойствами карбонизированного слоя, в частности, с целью достижения наилучшей биосовместимости имплантатов.

2. Разработанная и созданная ионно-плазменная установка является прототипом промышленного образца для медицинского применения.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность результатов исследований обосновывается: корректным использованием современного научно-исследовательского и лабораторного оборудования, аппаратных и программных средств в экспериментальных исследованиях, а также при обработке и анализе результатов; удовлетворительным соответствием полученных результатов с результатами других авторов.

4. Ценность научных работ соискателя ученой степени.

В работе установлены зависимости молекулярно-структурных параметров и физических макросвойств углеродного слоя от режимов ионно-плазменной обработки. Это позволяет обосновать концепцию создания биосовместимых полимерных имплантатов, модифицированных ионно-плазменным методом. Выявленные структурные особенности углеродного слоя (аморфный углерод с включениями графитовых кластеров и активными свободными радикалами, стабилизированными π -электронами) подтверждают возможность ковалентного связывания белков с сохранением их нативной конформации. Полученные данные задают методологическую основу для дальнейших экспериментальных и теоретических исследований в этом направлении.

5. Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах.

Основное содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 9 публикациях в рецензируемых журналах из списка ВАК и/или индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus, РИНЦ, а также в 1 патенте на изобретение:

Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК и/или индексируемые в базах данных Web Of Science, Scopus, РИНЦ:

1. Чудинов В.С., Кондюрина И.В., Шардаков И.Н., Свистков А.Л., Осоргина И.В., Кондюрин А.В. Полиуретан для медицинского применения, модифицированный плазменно-ионной обработкой // Биофизика. – 2018. – Т. 63, № 3. – С. 444-454. = Chudinov V.S., Kondyurina I.V., Shardakov I.N., Svistkov A.L., Osorgina I.V., Kondyurin

- A.V. Polyurethane Modified by Plasma Ion Implantation for Medical Application // Biophysics. – 2018. – V. 63, № 3. – P. 330-339. (BAK, Scopus).
2. Кондюрина И.В., Чудинов В.С., Терпугов В.Н., Кондюрин А.В. Химическая пришивка альбумина на поверхность полиуретанового имплантата, модифицированного ионным пучком // Медицинская техника. – 2018. – № 4. – С. 19-21. = Kondyurina I. V., Chudinov V. S., Terpugov V. N., Kondyurin A. V. Chemical Linking of Albumin to the Surface of Ion Beam-Modified Polyurethane Implants // Biomedical Engineering. – 2018. – V. 52, № 4, P. 243-246. (BAK, Scopus).
 3. Chudinov V., Kondyurina I., Terpugov V., Kondyurin A. Weakened foreign body response to medical polyurethane treated by plasma immersion ion implantation // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2019. – V. 440. – P. 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2018.12.026> (WoS, Scopus).
 4. Chudinov V.S., Shardakov I.N., Svistkov A.L., Kondyurin A.V. Polyurethane modified by plasma ion implantation // Proceedings of 10th Anniversary international conference on nanomaterials - research & application, Brno, Czech Republic (Nanocon 2018). – 2019. – P. 295-300. (WoS, Scopus).
 5. Chudinov V., Shardakov I., Ivanov D., Elkin A., Ivanov Y., Chudinova E., Kondyurin A. Creation of functional cover for immobilization of biomolecules on polymer material // AIP Conference Proceedings. 2280. 040012 (2020). <https://doi.org/10.1063/5.0018044> (WoS, Scopus).
 6. Chudinov V.S. and Shardakov I.N. Carbon Coating on Surface of PVC Blood Bags // J. Phys.: Conf. Ser. 1945 012068 (2021). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1945/1/012068> (WoS, Scopus).
 7. Чудинов В.С., Шардаков И.Н., Кондюрина И.В., Маккензи Д. (2023). Ковалентная иммобилизация альбумина на поверхности медицинского поливинилхлорида, модифицированного плазменно-иммерсионной ионной имплантацией // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 1. – С. 17-24. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.1.2> (РИНЦ).
 8. Chudinov V.S., Shardakov I.N., Kondyurina I.V., Kondyurin A.V. Attachment of Fibrinogen on Ion Beam Treated Polyurethane // Biomimetics. – 2024. – V. 9. – № 4. – Article number 234. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9040234> (WoS, Scopus).
 9. Чудинов В.С., Кондюрин А.В. Вольтамперные характеристики ионно-плазменной системы для обработки внутренней поверхности полых сердечно-сосудистых имплантатов. // Вестник Пермского университета. Физика. – 2026. – № 1. – С. 5–14. <https://doi.org/10.17072/1994-3598-2026-1-05-14> (BAK).

Патенты:

10. Патент № 2721280 от 18.05.2020, Способ создания антитромбогенного покрытия на полимерных сосудистых протезах, Шардаков И.Н., Чудинов В.С.

Перечисленные выше публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают основные положения всех содержательных глав диссертации: вторая глава [5, 6, 9, 10], третья глава [1-5, 8], четвертая глава [1-3, 5, 7, 8].

6. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

Автором диссертации была разработана и создана установка для ионно-плазменной обработки полимерных образцов, подготовлены образцы для выполнения экспериментов, выполнены эксперименты по модификации поверхности полимерных образцов при различных режимах ионно-плазменной обработки, проведена обработка данных и анализ результатов. Постановка задач, результаты исследования и их интерпретация обсуждалась с научным руководителем И.Н. Шардаковым и другими соавторами публикаций. Подготовка публикаций проводилась совместно с И.Н. Шардаковым.

7. Научная специальность, которой соответствует диссертация.

Представленная диссертационная работа соответствует формуле специальности 1.3.8 — Физика конденсированного состояния «Теоретическое и экспериментальное исследование природы кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществ в твердом и жидком состояниях и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях», а именно, следующим областям исследования из паспорта специальности: «4. Теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ», «6. Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами».

Диссертационная работа Чудинова Вячеслава Сергеевича "Физические свойства углеродного нанослоя, сформированного ионно-плазменной обработкой на полимерных материалах" представляет собой законченное исследование важных научных проблем, удовлетворяющее требованиям пп.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, и рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 — Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Чудинова Вячеслава Сергеевича "Физические свойства углеродного нанослоя, сформированного ионно-плазменной обработкой на полимерных материалах" обсуждена и одобрена на заседании Научного семинара Института механики сплошных сред УрО РАН под руководством академика РАН В.П. Матвеевко (заседание семинара от 9 октября 2024 г., протокол № 12/24, председатель заседания – доктор физико-математических наук, профессор П.Г. Фрик).

Присутствовало на заседании 40 человек, из них 9 докторов наук и 18 кандидатов наук. Результаты открытого голосования научных работников Института механики сплошных сред УрО РАН: "за" – 40 чел.; "против" – 0 чел.; "воздержалось" – 0 чел.

Директор

Института механики сплошных сред УрО РАН:
доктор физико-математических наук,
доцент Мизев Алексей Иванович

/ Мизев А.И.

Председатель заседания Научного семинара
Института механики сплошных сред УрО РАН:
Заведующий отделом Физической гидродинамики
доктор физико-математических наук,
профессор Фрик Петр Готлобович

Фрик П.Г.