

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гребенщиковой Марины Михайловны
на тему: «Научно-технологические основы создания биомедицинских
материалов с многослойными наноструктурированными биоактивными и
биостойкими покрытиями с применением плазменных технологий»
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.6.17. Материаловедение

Работа посвящена решению актуальной задачи создания нового класса биомедицинских материалов с многофункциональными свойствами путем разработки архитектуры многослойных наноструктурированных покрытий.

Цель работы – создание биомедицинских материалов с биостойкостью и имеющих многослойные покрытия из нитридов гафния и титана, позволяющих за счет воздействия потока низкоэнергетических ионов придать им на требуемое время биоактивные свойства, а также разработка научно-технологических основ их создания.

Автореферат диссертации Гребенщиковой М.М. представляет собой комплексное исследование, полностью соответствующее специальности 2.6.17 «Материаловедение» по следующим пунктам паспорта специальности:

П. 5: В работе изучены механизмы миграции ионов и барьерные свойства, установлены критерии оценки долговечности материалов (биостойкость) в агрессивной биологической среде,

П. 12: Разработаны физико-химические процессы получения функциональных (биоактивных и биостойких) покрытий на основе новых композиционных материалов (HfN/TiN). Установлены закономерности влияния состава, структуры (столбчатые кристаллы, нанокристаллиты), технологии (параметры КИБ, ВЧЕ-обработки) на конечные свойства.

П. 15: Созданы новые композиционные материалы биомедицинского назначения на двух различных типах подложек (титановый сплав ВТ6, натуральная ортопедическая кожа) с установлением взаимосвязи «структура – свойства – технология получения – биологическая функция».

Сильной стороной работы является системный материаловедческий подход, в котором целенаправленно конструируется архитектура материала

для достижения комплекса свойств, так, автор проектирует материал на нескольких уровнях:

На макроуровне при выборе подложки (металлическая/полимерная); на микроуровне при формировании многослойного покрытия толщиной 0,7-5 мкм; на наноуровне при создании нанослоев (14-25 нм), нанокристаллитов HfN (6-20 нм) и промежуточных слоев замещения (TiHfN₂).

В исследовании выделены и реализованы функции различных слоев: адгезионный (обеспечение сцепления), функциональный (прочность, барьер), наружный биоактивный (носитель нанокристаллитов). Для кожевенного материала дополнительно решена задача сохранения газо- и влагопроницаемости за счет блочной, а не сплошной, структуры покрытия.

Наиболее значимым результатом является не просто создание биоактивного покрытия, а разработка материала с управляемой временной биоактивностью. Это достигается за счет особенностей синтеза слоев нитрида гафния методом конденсации с ионной бомбардировкой и формирования наноструктур в покрытии с последующей активацией поверхности ПНЭИ для регулирования их высвобождения. Такой подход позволяет разделить во времени функции долговременной биостойкости и кратковременной антимикробной защиты, т.е. биоактивности.

Оптимизация технологических режимов проведена с учетом специфики подложки (например, щадящий периодический режим для кожи, ионная очистка для титана). Все ключевые параметры (давления, токи, напряжения, времена) приведены в количественном виде.

В работе исследованы физические, механические (прочность, микротвердость, адгезия) свойства, а также биологические характеристики: цитосовместимость, токсичность, антимикробная и фунгицидная активность, барьерный эффект, стойкость к средствам стерилизации.

Результаты работы внедрены, а экономический эффект составил 7,45 млн руб.

Использованный комплекс современных методов анализа структуры и свойств является адекватным и полным. Широкий спектр биологических испытаний, включая исследования на культурах клеток и лабораторных животных, проведенные с соблюдением этических норм, обеспечивает высокую достоверность выводов о биосовместимости и эффективности материалов.

Диссертация вносит существенный вклад в развитие таких направлений материаловедения, как изучение наноструктурированных многослойных покрытий, в частности, на основе тугоплавких нитридов; технологии

модификации поверхности с использованием низкотемпературной плазмы для придания заданных функциональных свойств.

Автореферат свидетельствует о том, что диссертация Гребенщиковой М.М. представляет собой самостоятельное, законченное исследование, имеющее научную новизну, практическую и теоретическую значимость, выполненное на высоком научном и методическом уровне. Полученные результаты вносят весомый вклад в материаловедение, особенно в области создания биомедицинских материалов нового поколения.

Работа полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к докторским диссертациям (утверждено Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013).

Автор работы, Гребенщикова М.М. обладает необходимыми научными достижениями и заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Заведующий кафедрой технической
физики ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский
технический университет
им.А.Н.Туполева - КАИ»

доцент, д.т.н.

Адрес: 420111 г. Казань,
ул. К. Маркса, 10
Тел.: +7 (843) 231-01-09
E-mail: kai@kai.ru

А.Ф. Гайсин
Андрей Рубенович Гайсин
12.09.2026
Подпись *А. Р. Гайсин*
Зав. кафедрой, Начальник управления
делами производства и контроля

