

ОТЗЫВ

об автореферате диссертации Шемахина Александра Юрьевича «Математическая модель струйного ВЧИ-разряда пониженного давления с учётом слоя положительного заряда у поверхности твёрдого тела», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Работа, представленная к защите А.Ю. Шемахиным, направлена на решение задач по разработке научных основ создания струйного высокочастотного индукционного (ВЧИ) разряда пониженного давления. Для решения этих задач автором разработана математическая модель, обосновывающая тот факт, что плазменная струя является самостоятельным комбинированным разрядом, что позволяет прогнозировать параметры взаимодействия с твёрдым телом. Высокочастотная плазма пониженного давления является эффективным инструментом улучшения гидрофильности армирующих наполнителей для создания полимерных композиционных материалов. Есть ряд научных проблем, связанных с определением параметров воздействия плазмы на поверхность модифицируемых материалов. Представленная работа, безусловно, актуальна, поскольку открывает новые возможности для управления свойствами поверхности полимерных дисперсных наполнителей и волокон, что является ключевой проблемой в технологии современных композитов.

Наиболее ценными являются следующие научные результаты работы:

- 1) установление физического механизма селективной обработки поверхности, который заключается в фокусировке ионного потока на вершинах микронеровностей в переходном слое толщиной 50 – 70 мкм на границе плазменного потока и поверхности твёрдого тела, что представляет фундаментальный интерес для управления адгезионными свойствами материалов;
- 2) установление диапазонов энергии ионов (30 – 50 эВ) и плотности ионного тока (0,8 – 25 А/м²) для различных классов материалов, что создает научную основу для разработки технологий ВЧИ-плазменной модификации поверхности;
- 3) обнаружение явления локального повышения температуры на периферии струи, что открывает новые возможности для контролируемого термического воздействия на дисперсные и компактные материалы;
- 4) выявление чередования областей положительного и отрицательного пространственного заряда в струе, что имеет большое значение для выбора места размещения твёрдых тел в плазменной струе, а также, в дальнейшем – для селективного осаждения функциональных покрытий на материалы.

Работа имеет непосредственное практическое значение, так разработанные научные основы могут использоваться для разработки режимов ВЧИ-плазменной обработки широкого спектра материалов от металлов до диэлектриков. Математическая модель позволяет переносить технологические режимы на установки с различными конструктивными параметрами. Достигнутое увеличение срока службы плазмообработанных медицинских инструментов в 2 – 2,5 раза подтверждает высокий практический потенциал метода.

Достоинством работы и заслугой автора является разработка и создание программного комплекса, который позволяет проводить сквозной расчет характеристик струйного ВЧИ-разряда пониженного давления, энергии ионов и плотности ионного тока на поверхность образца в зависимости от регулируемых параметров установки: мощности разряда P_p в диапазоне до 3800 Вт, давлении в вакуумной камере $p = 13,3 – 133$ Па, расходе плазмообразующего газа G до 0,24 г/с, частоте поля f от 1,76 до 13,56 МГц.

Автореферат диссертанта позволяет составить полное представление о сути исследований и полученных результатах. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, обоснованы и достоверны, так как опираются на использование современных методов исследования материалов, обеспечивающих точность полученных результатов. Основные результаты диссертации изложены в 23 работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов докторской диссертации, в том числе, входящих в базы данных Scopus и WoS, а также в 6 рецензируемых научных изданиях и одной монографии.

Работа не свободна от недостатков. Математическая модель разработана для аргоновой плазмы, в то время как для модификации поверхности материалов часто требуются реакционные газовые среды. Было бы полезно, если бы автор рассмотрел такую возможность. Это замечание не уменьшает высокую научную и практическую значимость работы, которая открывает широкие возможности для разработки энергоэффективных технологий модификации поверхности различной физической и химической природы и разработки многомасштабных моделей потоков газоразрядной плазмы.

В целом, автореферат позволяет заключить, что диссертация Шемакина А.Ю. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, внедрение которых имеет важное хозяйственное значение и вносит значительный вклад в развитие отечественного производства страны. Разработанные научные основы и математическая модель позволяют перейти от эмпирического подхода в области модификации поверхности с помощью ВЧИ-плазмы пониженного давления к целенаправленному проектированию технологических характеристики плазменного потока.

Считаю, что работа полностью соответствует всем требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в ред. Постановления правительства РФ от 11.09.2021 г.), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Александр Юрьевич Шемакин, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук.

Даю разрешение на обработку моих персональных данных.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр химической физики
им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук» (ФИЦ ХФ РАН)

Доктор технических наук,
Старший научный сотрудник ФИЦ ХФ РАН
Корнеева Наталья Витальевна

01.10.2025

Корнеева Н.В.

Доктор технических наук, 05.17.06 - «Технология и переработка полимеров и композитов»,
05.19.01 - «Материаловедение производств текстильной и лёгкой промышленности»;
Лаборатория № 1635 ФИЦ ХФ РАН;

Должность: Старший научный сотрудник;
Почтовый адрес: 119991, Москва, ул. Косыгина, д.4;
Телефон: +7(499) 135-78-48-17(495) 939-72-03
E-mail: natakorneeva@mail.ru

Подпись с.н.с., д.т.н. Корнеевой Натальи Витальевны заверяю.
Ученый секретарь ФИЦ ХФ РАН

к.ф.н. а.и.и.



/Шемакин А.Ю./

Вход. № 05-8581
« 15 » 10 2025 г.
подпись