

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и цифровому развитию
М.Т.У им. Ц.Э. Баумана
И.А. Дроговоз



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Щура Павла Александровича на тему:
«Исследование и разработка процессов модификации поверхности полимерных
материалов с использованием двухкомпонентных фторсодержащих газовых
смесей при пониженном давлении», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
2.6.17. – Материаловедение (технические науки).

Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время одним из направлений развития многих областей техники является модификация полимерных материалов с целью изменения их функциональных и эксплуатационных характеристик. Современные исследования показали перспективность применения полимеров в качестве основы для создания «умных» композитных материалов и активных компонентов для изделий нового поколения в радио- и оптоэлектронике, в качестве «активной» упаковки для продуктов питания, которая увеличивает сроки хранения и др. Однако для повышения эффективности их использования и уменьшения чувствительности к негативным воздействиям окружающей среды, в частности к биологической деструкции, часто требуется целенаправленная модификация поверхности полимерных материалов.

Перспективным методом модификации полимеров является ионно-плазменная обработка, которая позволяет придавать поверхности новые свойства, не ухудшая функциональных характеристик самого полимерного материала. В частности, для защиты от биологической деструкции полимерных материалов наиболее существенным является создание антиадгезионных поверхностей, которые исключают первую стадию развития биопленок, а именно адгезию единичных клеток, что впоследствии значительно замедляет процесс биодеструкции. Несмотря на значительное число публикаций по данной тематике до конца не определены основные факторы, влияющие на появление антимикробных свойств, а также их изменения с течением времени.

Работа П.А. Щура является актуальной и посвящена исследованию и разработке процессов модификации поверхности полимеров методами ионно-плазменной обработки при пониженном давлении с использованием фторсодержащих газовых смесей с целью повышения стойкости полимеров к биологической деструкции, а также определению степени влияния параметров поверхности на антиадгезионные свойства по отношению к микроорганизмам.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что выявлена взаимосвязь между параметрами поверхности полимерных материалов (рельеф, химический состав, поверхностный заряд) и их антиадгезионными свойствами по отношению к микроорганизмам, при которых и проявляется антимикробная активность поверхности полимеров. Наиболее эффективно это проявляется в области так называемых «переходных» процессов, где

одновременно происходят процессы нанесения и травления фторуглеродных пленок. С помощью малогабаритного волоконного спектрометра Ocean Optics USB4000 установлены характеристики плазмы газовых смесей $\text{CF}_4+\text{C}_6\text{H}_{12}$ и $\text{C}_4\text{F}_8+\text{C}_6\text{H}_{12}$ при осаждении антимикробных покрытий.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Практическая и научная значимость диссертационной работы состоит в том, что получены не только конкретные значения параметров поверхности, но и установлена длительность их действия. Показано, что методами ионно-плазменной обработки возможно создавать антимикробные покрытия, сохраняющие свои свойства в течение 12 месяцев.

Степень обоснованности и достоверности результатов, научных положений, выводов, рекомендаций

Достоверность полученных результатов подтверждается тщательной отработкой методик проведения экспериментов, применением современного технологического и аналитического оборудования, а также использованием аттестованных методик измерения характеристик полученных образцов. Результаты работы прошли апробацию в виде публикаций в журналах, рекомендованных ВАК, а также докладывались на всероссийских и международных конференциях. Выводы и рекомендации обоснованы и не противоречат результатам и выводам других авторов, опубликованным в печати.

Оценка содержания

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, включающих описание материалов, методов и полученных результатов, а также основных выводов.

Во введении обоснованы актуальность темы работы, поставлена цель и сформулированы задачи исследования, представлена научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В 1-й главе представлены результаты анализа современных методов защиты полимерных материалов от биологической деструкции. Описаны перспективы использования антиадгезионных фторуглеродных покрытий, сформированных методами ионно-плазменной обработки в вакууме.

Во 2-й главе описана технология нанесения антиадгезионных фторуглеродных покрытий в вакууме, обоснован выбор плазмообразующих газов, а также модельных полимерных материалов. Подробно описаны методы исследования параметров поверхности модифицированных полимерных материалов, описана методика исследования их антимикробных свойств.

В 3-й главе изложена разработка процессов нанесения фторуглеродного покрытия при использовании различных двухкомпонентных фторсодержащих плазмообразующих смесей. Выявлена область «переходных» процессов при содержании фторсодержащего компонента (CF_4 или C_4F_8) в плазме от 30% до 60%. Предложены методы контроля антиадгезионных свойств у покрытия *in situ* и *ex situ* на основе оптической спектроскопии.

В 4-й главе представлены результаты исследования параметров поверхности полимерных материалов с нанесенными фторуглеродными покрытиями при различном составе плазмообразующей смеси. Описано изменение параметров поверхности, а также определено наличие токсичности в зависимости от состава газовой смеси, определены параметры поверхности в области «переходных» процессов.

В 5-й главе проанализированы результаты исследования антимикробной активности и грибостойкости во времени, а также их зависимости от параметров рельефа поверхности. Показано, что в области «переходных» процессов формируется специфический рельеф с большим содержанием фтора и отрицательным зарядом, что придает поверхности

антиадгезионные свойства на протяжении более 12 месяцев.

В заключении подведены итоги всей работы и сформулированы основные выводы, даны рекомендации по использованию полученных результатов. Выводы и рекомендации обоснованы, соответствуют поставленным задачам и достаточно полно отражают содержание проведенной автором работы.

Степень завершенности диссертации

Все поставленные в диссертации Щура П.А. цели и задачи выполнены в полном объеме. Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, содержащую новые результаты, имеющие важное научное и практическое значение для совершенствования технологии защиты полимерных материалов от биодеструкции в микроэлектронике, медицине и упаковочном производстве.

Соответствие автореферата основным выводам диссертации

В автореферате отражено основное содержание диссертационной работы, кратко изложены полученные результаты. Выводы, представленные в автореферате, полностью согласуются с выводами, представленными в диссертации.

Публикация основных результатов

Личный вклад автора достаточен и подтверждается наличием у него статей в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий. Основные результаты опубликованы в 15 статьях в русско- и англоязычных научно-технических журналах (из которых 7 включены в перечень ВАК РФ) и доложены на представительных научных конференциях и симпозиумах.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты и выводы диссертационной работы могут быть рекомендованы для использования в научно-технических исследованиях и разработках, связанных с модификацией поверхности полимерных материалов, изоляционных и конструкционных материалов, компонентов микроэлектроники и политроники с целью формирования защитных покрытий, сводящих к минимуму воздействие окружающей среды на полимерные материалы и изделия.

Замечания

1. При обосновании актуальности темы не представлен анализ результатов предыдущих исследований по данной тематике, например, диссертации Сильницкой О.А., защищенной в 2017 году.
2. Экспериментальные исследования проводились на установке, оснащенной диффузионным насосом и откачиваемой до 10^{-3} Па, что не позволяет избежать загрязнения обрабатываемой поверхности сорбтом остаточных газов и парами углеводородов.
3. В диссертации не дано объяснение уменьшения среднеквадратического отклонения шероховатости поверхности (R_q) и средней высоты пиков (H_z) ниже значений этих величин у исходной поверхности, представленных на рисунках 4.6 и 4.7.
4. Вызывает сомнение заключение об одних и тех же рекомендациях по обеспечению антиадгезионных свойств у поверхности полимерных материалов, используемых для медицинских целей, для упаковочных материалов, а также применяемых в печатных платах и в чистых комнатах.

Перечисленные замечания не носят принципиального характера, не снижают научной и практической значимости полученных автором результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение

1. Тема диссертации «Исследование и разработка процессов модификации поверхности полимерных материалов с использованием двухкомпонентных фторсодержащих газовых смесей при пониженном давлении», выполненной Щуром П.А. и её содержание соответствуют П.2. Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах; П.11. Разработка функциональных покрытий различного назначения и методов управления их свойствами и качеством; П.12. Разработка физико-химических процессов получения функциональных покрытий на основе новых металлических, неметаллических и композиционных материалов. Установление закономерностей влияния состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и других факторов на свойства функциональных покрытий, паспорта специальности 2.6.17. – Материаловедение (технические науки).

2. Диссертация Щура Павла Александровича на соискание ученой степени кандидата наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые решения создания защитных антиадгезионных по отношению к микроорганизмам покрытий, имеющие важное значение для развития микро- и радиоэлектроники, медицины.

3. Представленная работа отвечает требованиям п. 9 Положения ВАК Российской Федерации о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Щур Павел Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. – Материаловедение (технические науки).

Отзыв на диссертацию Щура П.А. был обсужден на заседании кафедры электронных технологий в машиностроении МГТУ им Н.Э. Баумана, протокол № 339 от 11 ноября 2022 г.

Заведующий кафедрой «Электронные технологии в машиностроении»
ФГАБУ ВО «МГТУ им Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
доктор технических наук, профессор



Панфилов Ю.В.

«11» ноября 2022 г.

Кафедра «Электронные технологии в машиностроении» (МТ-11)
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)»

Почтовый адрес: 105005 г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр.1
Телефон: +7(499)267-02-13
Электронная почта: panfilov@bmstu.ru