

ОТЗЫВ

официального оппонента Борисовой Маргариты Эдуардовны на диссертационную работу Волгиной Елены Алексеевны на тему «Электрофизические свойства пористых пленок и трековых мембран на основе поливинилиденфторида», представленную на соискание ученой степени кандидата физико—математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертация Е. А. Волгиной направлена на исследование электрической релаксации в пористых пленочных структурах на основе поливинилиденфторида, изготовленных двумя различными способами — посредством многостадийной термомеханической обработки и путем облучения тяжелыми ионами. Актуальность выбранного направления исследования обусловлена как фундаментальной, так и прикладной значимостью изучения процессов электрической релаксации в пористых структурах на основе поливинилиденфторида, обладающего выраженными сегнето- и пьезоэлектрическими свойствами.

В условиях возрастающего интереса к функциональным полимерным материалам с управляемыми характеристиками особую роль приобретает понимание взаимосвязи между морфологией, фазовым составом и зарядовым состоянием, формируемыми в процессе технологических воздействий. Это особенно важно для пористых плёнок и трековых мембран, свойства которых существенно зависят от истории их формирования, включая механическую обработку, термическое воздействие, ионизирующее излучение и последующую химическую модификацию.

Недостаточная изученность механизмов релаксации и стабилизации заряда в таких системах ограничивает возможности целенаправленного управления их функциональными характеристиками. В этой связи проведённое исследование, направленное на выявление закономерностей формирования и эволюции электрических свойств ПВДФ в пористом состоянии, представляется своевременным и востребованным, поскольку создаёт научную основу для разработки материалов с заданными функциональными свойствами, ориентированных на применение в сенсорных, энергетических и биомедицинских технологиях.

В работе Е. А. Волгиной в качестве объекта исследования рассматриваются пористые структуры на основе ПВДФ на различных стадиях их технологического процесса, что позволяет выявить определяющие факторы, ответственные за формирование пьезоэлектрической активности данного полимера.

В этой связи представленная диссертация обоснованно характеризуется как актуальная и значимая как в фундаментальном, так и в прикладном аспектах.

Научная новизна диссертационной работы определяется, прежде всего, реализацией комплексного подхода к анализу релаксации зарядового состояния

пористых плёнок и трековых мембран на основе ПВДФ с использованием метода термостимулированной деполяризации, что позволило установить морфологически обусловленные особенности локализации релаксационных процессов на различных стадиях технологического процесса изготовления. Существенный интерес представляет выявленный автором эффект повышения пьезоэлектрической активности при комбинированном воздействии ионного облучения и поляризации в поле отрицательного коронного разряда, который может иметь практическое применение, а также появление нового релаксационного процесса, связанного с формированием итоговой пористой структуры.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечиваются согласованностью экспериментальных данных с результатами расчётных оценок и моделирования, высокой степенью воспроизводимости измерений, а также использованием высокоточного научного оборудования. Дополнительным подтверждением надёжности выводов служит применение взаимодополняющих подходов к обработке данных термоактивационной спектроскопии, что свидетельствует о корректности предложенных автором методических решений.

Оценивая работу в целом, можно отметить существенный личный вклад автора на всех этапах исследования, а также значительный объем обработанных данных. Результаты диссертационной работы изложены в 8 публикациях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России, и 5 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных WoS и/или Scopus. Публикации достаточно полно отражают основные результаты диссертационного исследования.

Содержание автореферата соответствует предъявляемым требованиям и достаточно полно отражает положения, выносимые на защиту.

Вместе с несомненными достоинствами диссертации, к которым, в том числе, следует отнести подробный и тщательный разбор результатов главы 3, связанных с описанием процессов электрической релаксации в пористых структурах на основе поливинилиденфторида, представленные результаты вызывают некоторые вопросы и замечания.

1. При изучении электрофизических свойств трековых мембран автор использовал метод токов термостимулированной деполяризации (ТСД). Спектры токов ТСД описываются как суперпозиция дискретных максимумов. Этот метод хорошо дополняет метод диэлектрической спектроскопии в области высоких температур и низких и крайне низких частот. Однако теоретический анализ спектров токов ТСД не всегда однозначен и достаточно сложен. В работе направление тока ТСД противоположно токам зарядки в электрическом поле, что может быть обусловлено релаксацией заряда, как за счет проводимости, так и за счет поляризации. Вероятно, выбор адекватных математических моделей при обработке данных требует учета токов проводимости.

2. При использовании трековых мембран в биотехнологиях необходима оценка стабильности электретоного состояния, что целесообразно сделать в дальнейшем.

3. Из врезок на рисунке 9 в автореферате видно, что теоретическая кривая, получаемая суммированием трех гауссовых распределений, имеет второй максимум в области высоких температур. Как это можно объяснить?

Сделанные замечания, тем не менее, не снижают общего положительного впечатления о представленной диссертационной работе. В целом, работа выполнена на достаточно высоком научном уровне, достоверность полученных экспериментальных результатов, проведенные оценки и сделанные на их основе заключения не вызывают сомнений.

Работа представляет собой законченное научное исследование и соответствует квалификационному уровню работ на соискание ученой степени кандидата наук.

Таким образом, по своей актуальности, новизне, научно-практической значимости диссертационная работа Волгиной Елены Алексеевны на тему «Электрофизические свойства пористых пленок и трековых мембран на основе поливинилиденфторида» выполнена в рамках паспорта научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (отрасль наук — физико-математические) и соответствует пунктам 9 — 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, а ее автор, Волгина Елена Алексеевна, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент

профессор высшей школы высоковольтной энергетики (ВШВЭ) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

профессор, доктор технических наук *Борисова* Борисова Маргарита Эдуардовна
«04» мая 2026 года

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Адрес: ул. Политехническая, д. 29П, Главный учебный корпус, ауд. 262, Санкт-Петербург, 195 251

Тел. 8(981)853-00-74;

e-mail: vladimirl.borisov@gmail.com

