

УТВЕРЖДАЮ

Врио ректора федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственной университет», кандидат юридических наук, доцент



С.Н.

С.Н. Смирнов

« 26 » 12 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственной университет» на диссертационную работу Сотовой Юлии Ильиничны по теме «Коронозелктретное состояние и его влияние на пьезоэлектрические свойства в сополимере винилиденфторид-тетрафторэтилен», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертационного исследования.

На сегодняшний день широкий интерес вызывают исследования полимерных пьезоэлектрических материалов. Самым распространенным представителем данного класса материалов является поливинилиденфторид (ПВДФ) и его сополимеры с трифторэтиленом (П(ВДФ-ТрФЭ)) и тетрафторэтиленом (П(ВДФ-ТФЭ)). Интерес к исследованию данных материалов обусловлен, с одной стороны, широкими возможностями их применения (в электроакустике, медицине, биологии и т.д.), а с другой стороны – поиск ответов на вопросы, касающиеся условий формирования полярных свойств данных материалах. Поэтому разнообразные исследования в данной области продолжают, как с целью оптимизации методов улучшения пьезоэлектрических и пирозлектрических параметров, так и с целью выяснения влияния различных видов обработки на устойчивость полярных свойств материалов на основе ПВДФ.

Поскольку для придания полимерным материалам на основе ПВДФ пьезоэлектрических свойств необходима их предварительная поляризация (один из самых распространенных способов – поляризация в поле коронного разряда), в исследуемых полимерных пленках, как правило, наряду с пьезоэлектрическим состоянием формируется электретное (коронозлектретное) состояние. Поэтому **тема диссертационной работы Сотовой Ю.И. «Коронозлектретное состояние и его влияние на пьезоэлектрические свойства в сополимере винилиденфторид-тетрафторэтилен» является актуальной.**

Содержание работы и оценка ее результатов.

Диссертационная работа посвящена исследованию полимерных пленок сополимера винилиденфторида и тетрафторэтилена П(ВДФ-ТФЭ), изготовленных путем экструзии расплава полимера. Рассмотрена взаимосвязь процессов формирования электретного и пьезоэлектрического состояния в полимерных пленках П(ВДФ-ТФЭ) для уточнения модели релаксации заряда, а также выявление факторов, улучшающих пьезоэлектрические характеристики исследуемого материала. Методами инфракрасной спектроскопии выполнено исследование кристаллической структуры пленок, полученных в различных условиях, определены их пьезоэлектрические характеристики, проведен анализ термостимулированных токов короткого замыкания и термостимулированной релаксации поверхностного потенциала.

Диссертация имеет четкую структуру, состоит из введения, трех глав с параграфами, заключения и списка литературы (134 источника). Текст работы изложен на 130 страницах и содержит 44 рисунка и 14 таблиц. В заключении автором перечислены основные выводы, сформулированные по результатам диссертационного исследования.

Новизна исследования и выводов, сформулированных в диссертации. Научная новизна диссертации состоит в том, что автором проведено комплексное исследование электретных и пьезоэлектрических свойств сополимера П(ВДФ-ТФЭ), на основе чего предложена модель релаксации коронозлектретного состояния в данном материале. Также в работе показано влияние коронозлектретного состояния на пьезоэлектрические свойства П(ВДФ-ТФЭ).

При расчете параметров полярных структур и глубоких приповерхностных ловушек с помощью традиционных и численных методов обработки экспериментальных данных установлено, что в П(ВДФ-ТФЭ) имеется два сорта полярных структур, различающихся значениями энергии активации и частотного фактора.

Помимо этого, в диссертационной работе проведено исследование влияния скорости предварительной ориентационной вытяжки на электретные и

пьезоэлектрические свойства П(ВДФ-ТФЭ). Обнаружено, что увеличение скорости ориентационной вытяжки полимерных пленок приводит к росту пьезомодуля d_{33} .

Значимость полученных результатов для науки и практики заключается в том, что автор вносит вклад в развитие физики пьезоэлектрического состояния в полимерных материалах. Теоретическая значимость проведенного исследования состоит в описании физических механизмов формирования и релаксации коронозелетного состояния, а также влияния коронозелетного состояния на пьезоэлектрические свойства П(ВДФ-ТФЭ). Практическая значимость полученных результатов определяется тем, что в работе предложен способ поляризации полимерных пленок П(ВДФ-ТФЭ), который позволяет значительно снизить вероятность повреждений пленок. Помимо этого, в диссертационном исследовании экспериментально определены оптимальные условия поляризации и реологические параметры полимерных пленок П(ВДФ-ТФЭ), при которых исследуемые материалы обладают наилучшими пьезоэлектрическими характеристиками.

Ряд полученных в ходе выполнения работы результатов могут быть использованы на предприятиях, занимающихся разработкой изделий электронной техники на основе пьезоэлектрических полимерных пленок, и научных центрах, проводящих фундаментальные и прикладные исследования в соответствующих областях знаний. К числу таковых можно отнести Институт кристаллографии имени А.В. Шубникова РАН (г. Москва), ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (г. Зеленоград), ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва), ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (Ростов-на-Дону), ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (Воронеж), ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» и др.

Обоснованность и достоверность полученных результатов диссертации обеспечиваются использованием современных методов исследования и обработки полученных результатов, большим объемом экспериментальных данных и их всесторонним анализом, согласованностью полученных результатов с результатами других исследователей, непротиворечивостью полученных результатов результатам других исследователей.

Основные результаты работы достаточно хорошо апробированы и неоднократно докладывались на научных конференциях различного уровня. Полученные результаты представлены в российских и зарубежных журналах, входящих в перечень ВАК и международные базы цитирования, в том числе Web of Science и Scopus.

Оценивая работу в целом, можно отметить большой личный вклад автора на всех этапах выполнения исследования.

К сожалению, диссертационная работа не лишена недостатков. **В качестве наиболее существенных замечаний необходимо отметить следующие:**

1. При исследовании свойств сополимера П(ВДФ-ТФЭ) не указан состав материала, т.е. соотношение винилиденфторида и тетрафторэтилена. Известно [Macromolecules. 1986. V 19, No 5. P. 1491-1494], что в зависимости от данного соотношения в сополимере наблюдается сегнетоэлектрический фазовый переход и в точке Кюри (T_C) будут наблюдаться аномалии электрофизических свойств. В работе необходимо было сделать оценку соотношения ВДФ/ТФЭ, поскольку T_C изменяется от 40°C до 120°C при варьировании содержания ВДФ от 60 до 80%.

2. Первый вывод, представленный в заключении, не содержит новый результат. Аналогичные модели рассматривались ранее в работах других исследователей, в частности, в работе [S.N. Fedosov, H. von Seggern. // Journal of Applied Physics. 2008. V. 103, 014105].

3. Как изменяется поверхностный потенциал сополимера П(ВДФ-ТФЭ) во времени при комнатной температуре? Для сополимера винилиденфторида с трифторэтиленом это время составляет от нескольких минут до получаса.

4. Поскольку исследуемые пленки являются сегнетоэлектрическими, не проведена оценка вклада пироэлектрического эффекта в термостимулированные токи короткого замыкания. С приближением к точке фазового перехода пироэлектрический ток увеличивается и может достигать аномально больших значений при T_C . Из текста диссертации также не представляется возможным оценить вклад пироэлектрического эффекта, т.к. не указаны размеры электродов.

5. Метод инфракрасной спектроскопии не является методом исследования электрофизических свойств, как это указано в Главе 2.

6. В работе также имеются опечатки и стилистические неточности.

В целом, указанные замечания и вопросы не снижают общей положительной оценки диссертации. Автореферат диссертации Сотовой Ю.И. отражает содержание диссертационной работы и написан в соответствии с существующими требованиями.

Заключение.

Тема, содержание и результаты диссертации Сотовой Ю.И. отвечают паспорту специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Сотовой Юлии Ильиничны на тему «Коронноэлектретное состояние и его влияние на пьезоэлектрические свойства в сополимере винилиденфторид-тетрафторэтилен» представляет собой законченную научно-квалификационную работу и соответствует требованиям

п.п. 9, 10, 11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции 2021 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

Работа заслушана и обсуждена на заседании кафедры физики конденсированного состояния федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» 23 декабря 2022 г., протокол № 6.

Отзыв составлен Солнышкиным Александром Валентиновичем, доцентом, доктором физико-математических наук (по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния), профессором кафедры физики конденсированного состояния федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет».

Солнышкин Александр Валентинович
(4822)58-14-93 (доб. 108); Solnyshkin.AV@tversu.ru
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры физики
конденсированного состояния



_____ А.В. Солнышкин

Пастушенков Юрий Григорьевич,
(4822)58-14-93 (доб. 107); Pastushenkov.YG@tversu.ru
заведующий кафедрой физики конденсированного состояния
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»,
доктор физико-математических наук,
профессор



_____ Ю.Г. Пастушенков

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»
Адрес: 170100, Тверская область, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33
Тел.: (4822) 34-24-52, факс: (4822) 32-12-74
Сайт университета: <https://tversu.ru>