

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Сотовой Юлии Ильиничны
«Коронозлектретное 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

Диссертационная работа Сотовой Ю.И. посвящена исследованию коронозлектретного состояния сополимера винилиденфторид-тетрафторэтилен (П(ВДФ-ТФЭ)), а также влиянию данного состояния на пьезоэлектрические свойства сополимера. Поскольку пьезоэлектрические полимерные материалы на основе П(ВДФ-ТФЭ) применяются в самых различных областях науки и техники, исследователи продолжают поиски параметров и условий изготовления данных материалов, которые позволят улучшить их пьезоэлектрические характеристики. Помимо этого до конца не ясна природа пьезоэлектрического эффекта в П(ВДФ-ТФЭ). На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что тема диссертации Сотовой Ю.И. представляется актуальной.

Одним из важнейших результатов работы является предложенная автором модель механизма формирования коронозлектретного состояния в полимерных пленках П(ВДФ-ТФЭ), которая объясняет связь между коронозлектретным и пьезоэлектрическим состояниями: создание электретного состояния является необходимым условием для появления и удержания пьезоэлектрических характеристик.

Следует отметить практическую ценность работы. Автором предложен модифицированный метод поляризации пленок П(ВДФ-ТФЭ), позволяющий снизить вероятность электрического пробоя в процессе поляризации, но сохраняющий при этом значения пьезомодуля d_{33} на прежнем уровне.

В работе было проведено исследование влияния скорости вытяжки пленок П(ВДФ-ТФЭ) на их пьезоэлектрические свойства. Сделаны выводы о том, что увеличение скорости вытяжки приводит к увеличению значений пьезомодуля d_{33} , и выбрана оптимальная скорость. Обычно при изготовлении образцов для дальнейшего формирования в них пьезоэлектрического состояния особо не придают значения скорости вытяжки, в связи с чем данный результат имеет научную новизну и практическую ценность.

При прочтении автореферата возникли два вопроса:

1. На рисунке 2 рост тока на начальном участке кривой 4 (температура поляризации 80°C) начинается существенно раньше, чем на кривых, полученных при меньших температурах поляризации. С чем это связано?
2. На рисунке 3 приведена функция распределения, восстановленная методом слабой регуляризации Тихонова. На ней присутствуют два

максимума, соответствующие двум типам полярных структур. Но ранее на той же странице автореферата сказано, что параметры структур с меньшей энергией активации (0,825 эВ и 10^{10} Гц), соответствующие левому максимуму, определялись еще и методом варьирования скорости нагревания. Зачем для определения параметров этих структур использовалось два метода?

Основные результаты диссертационного исследования были опубликованы в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК и базы научного цитирования Web of Science и Scopus, представлены на Международных научных конференциях и включены в грант РФФИ и Государственное задание Министерства Просвещения РФ.

В результате изучения автореферата считаю, что диссертация Сотовой Юлии Ильиничны является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, а ее автор заслуживает присуждения искомой научной степени.

Фомичева Елена Егоровна
кандидат физико-математических наук,
преподаватель кафедры физики
ФГБОУ ВО «Военно-космическая академия
имени А.Ф. Можайского»
Министерства обороны Российской Федерации
197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13
Адрес электронной почты: vka@mil.ru
Тел.: 8 (812) 347-97-70; 8 (812) 347-96-46

« 23 » декабря 2022 г.

Личную подпись Фомичевой Е.Е. заверяю

Помощник начальника академии по
службе войск и безопасности военной службы – начальник отдела
Р. Рахимов



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Сотовой Юлии Ильиничны

«Коронаэлектретное 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

Внимание исследователей привлекают пьезоактивные полимерные материалы, самым распространенным представителем среди которых является поливинилиденфторид (ПВДФ) и сополимеры на его основе. При этом вопрос природы пьезоэлектрического эффекта в ПВДФ остается до сих пор открытым. Известно, что сополимер винилиденфторид-тетрафторэтилен (П(ВДФ-ТФЭ)) обладает лучшими пьезоэлектрическими характеристиками, чем гомополимер ПВДФ. ПВДФ и его сополимеры обладают также электретными свойствами, которые могут повлиять на формирование пьезоэлектрического состояния. На основании всего вышеизложенного, диссертационное исследование Сотовой Ю.И. на тему «Коронаэлектретное состояние и его влияние на пьезоэлектрические свойства в сополимере винилиденфторид-тетрафторэтилен» является актуальным.

В работе проведено комплексное исследование коронаэлектретного состояния в сополимере П(ВДФ-ТФЭ) методами термоактивационной спектроскопии. Результаты исследований показали, что коронаэлектретное состояние необходимо для формирования (и поддержания) пьезоэлектрического состояния в исследуемом материале. Также интерес представляет проведенное автором исследование влияния скорости предварительной механической вытяжки на пьезоэлектрические свойства П(ВДФ-ТФЭ). В работе показано, что увеличение скорости вытяжки приводит, с одной стороны, к увеличению доли сегнетоэлектрической фазы, а с другой стороны – к росту числа ориентированных полярных структур, входящих в состав данной сегнетоэлектрической фазы. На основе полученных в работе результатов удалось определить условия поляризации и реологические характеристики, позволяющие добиться наилучших пьезоэлектрических характеристик полимерных пленок П(ВДФ-ТФЭ).

Автореферат имеет достаточно четкую и обоснованную структуру, аккуратно оформлен, написан грамотным научным языком, имеет достаточное количество рисунков, графиков и пояснений.

В качестве замечания можно указать следующее:

1. В автореферате следовало указать на связь пьезоэлектрической альфа и бета фаз конформацией цепей: trans (T) или gauche (G). В связи с этим приобрело бы более четкий структурный смысл используемый автором термин «полярные структуры».

2. Как автор может прокомментировать известное отрицательное значение пьезоэлектрического отклика в ПВДФ?

Указанные замечание и вопрос носит рекомендательный характер и не снижают ценности выполненной работы.

Считаю, что диссертационная работа на тему «Коронаэлектрическое состояние и его влияние на пьезоэлектрические свойства в сополимере винилиденфторид-тетрафторэтилен» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук согласно Положению о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Сотова Юлия Ильинична, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

Заведующий кафедрой инженерного материаловедения и метрологии, научный руководитель лаборатории механики ориентированных полимеров Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, доктор технических наук, профессор

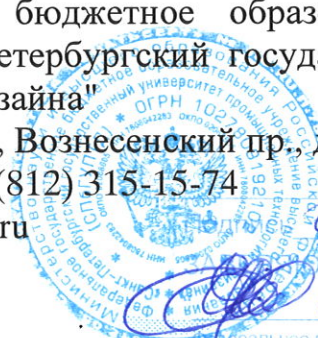

Е.С. Цобкалло

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна"

Адрес: 190068, Санкт-Петербург, Вознесенский пр., д. 46

Телефон: +7 (812) 310-41-16; +7 (812) 315-15-74

Адрес эл. почты: tsobkallo@mail.ru





Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»

Я, Цобкалло Екатерина Сергеевна, даю согласие на обработку мои персональных данных, связанных с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Сотовой Юлии Ильиничны.

«___» декабря 2022 г.



Е.С. Цобкалло

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сотовой Юлии Ильиничны
"Коронозлектретное 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

В настоящее время значительный интерес вызывают исследования полимерных пьезоэлектрических материалов, в частности поливинилиденфторида (ПВДФ) и сополимеров на его основе. Данный интерес обусловлен как широкими возможностями практического применения в технике, медицине и биологии этих материалов, так и отсутствием у исследователей единых представлений о природе пьезоэлектрического эффекта в сополимерах П(ВДФ-ТФЭ). Поэтому тема диссертационной работы Сотовой Ю.И. "Коронозлектретное состояние и его влияние на пьезоэлектрические свойства в сополимере винилиденфторид-тетрафторэтилен" несомненно актуальна, а сама работа представляет существенный научный и практический интерес.

Среди основных результатов, полученных соискателем, следует отметить установление того факта, что при поляризации П(ВДФ-ТФЭ) в поле коронного разряда происходит захват глубокими поверхностными ловушками гомозаряда, во внутреннем электрическом поле которого происходит ориентация и удержание ориентированного состояния полярных структур, причем сам гомозаряд вклад в пьезоэлектрическое состояние не вносит. Большой интерес также представляют, установленные соискателем значения параметров полярных структур, существующих в П(ВДФ-ТФЭ). Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечена большим объемом экспериментальных данных и их всесторонним анализом. Часть полученных результатов опубликована автором в журналах, входящих в базы Scopus и Web of Science.

Автореферат содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики. Написан технически квалифицированно и аккуратно оформлен. Принятые в работе допущения и ограничения аргументированы и отражены в реферате в полном объеме.

Вместе с тем автореферат не свободен от недостатков. На стр. 17 автореферата отмечается, что ловушечными состояниями в исследуемом материале являются структурные дефекты, но более детально физическая природа их не обсуждается. Однако данное замечание носит частный характер и не снижает ценность диссертационной работы.

В целом, судя по автореферату, диссертация Сотовой Ю.И. "Коронозелетное состояние и его влияние на пьезоэлектрические свойства в сополимере винилиденфторид-тетрафторэтилен" соответствует требованиям п. 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 (ред. от 26.09.2022) №842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Профессор высшей школы электроники
и микросистемной техники
СПбПУ Петра Великого,
д.ф.-м.н., доцент

Н.Т. Сударь

Сударь Николай Тобисович. 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт электроники и телекоммуникаций, Высшая школа электроники и микросистемной техники . Тел. (812)552 76 21.



ОТЗЫВ

об автореферате диссертационной работы **Сотовой Юлии Ильиничны**
«Коронозлектретное 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

Диссертационная работа Сотовой Ю.И. посвящена исследованию коронозлектретного состояния пьезоактивного сополимера поливинилиденфторида с тетрафторэтиленом П(ВДФ-ТФЭ). Тема диссертации является актуальной, поскольку вопрос природы пьезоэлектрического состояния в П(ВДФ-ТФЭ) до настоящего времени оставался открытым.

В работе Сотовой Ю.И. показано, что создание коронозлектретного состояния в П(ВДФ-ТФЭ) является необходимым условием формирования и временной стабилизации пьезоэлектрических параметров. Это обусловлено тем, что при поляризации в поле коронного разряда поверхностные ловушки захватывают гомозаряд, поле которого приводит к ориентации полярных молекул. Автором впервые были определены два вида полярных структур в П(ВДФ-ТФЭ), характеризующиеся различными значениями частотного фактора и энергии активации.

В работе представлено подробное исследование влияния скорости предварительной механической вытяжки полимерных пленок на их электретные и пьезоэлектрические свойства. Установлено, что увеличение скорости вытяжки приводит к росту пьезоэлектрического модуля, что связано с увеличением концентрации ловушек захвата.

В работе Сотовой Ю.И. разработан эффективный метод поляризации полимерных пленок в поле коронного разряда, который позволяет избежать деградации их электрических и механических свойств, что имеет несомненное практическое значение.

В автореферате диссертации четко и последовательно отражены основные элементы диссертационной работы: обоснование актуальности темы исследования, конкретно сформулированные цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, достоверность, обоснованность и апробация полученных результатов. Автором изложены основные результаты исследования, позволившие диссертанту обосновать и доказать положения, вынесенные на защиту.

Анализ содержания автореферата позволяет заключить, что диссертация Сотовой Ю.И. соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Сотова Юлия Ильинична, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

профессор кафедры наноэлектроники,
директор НОЦ «Технологический центр»
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,

доктор технических наук

К.А. Воротилов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет»

Почтовый адрес: 119454 г. Москва, проспект Вернадского, дом 78

тел.: +7 499 215-65-65 (доб. 3042)

Электронная почта: vorotilov@mirea.ru

Электронный адрес Университета: <https://www.mirea.ru/>



Я, Воротилов Константин Анатольевич, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Сотовой Юлии Ильиничны.

«20» декабря 2022 г.

К.А. Воротилов