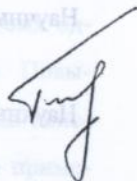


На правах рукописи

ТАРИГ ИСМАИЛ ФАДЛ ЭЛЬМАУЛА



**ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ
ПОЛЯРИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕЛАКСАЦИИ
ПОЛИМЕРНЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ**

Специальность 01.04.07 - физика твердого тела

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание научной степени кандидата физико-
математических наук

Одесса - 1996

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Одесской государственной академии пищевых технологий на кафедре физики

Научный руководитель - доктор физико-математических наук
Сергеева Александра Евгеньевна

Научный консультант - доктор физико-математических наук,
профессор Федосов Сергей Никифорович

Официальные оппоненты: - доктор физико-математических наук,
профессор Ройзин Яков Овсеевич
кандидат физико-математических наук,
доцент Поповский Алексей Юрьевич

Ведущая организация - Институт физики НАН Украины г. Киев

Защита состоится "20" 09 1996 г. в 14 час. на заседании специализированного ученого совета К 05.01.10 при Одесском государственном университете им. И.И.Мечникова по адресу: 270100, г.Одесса, ул. Петра Великого, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского государственного университета им. И.И.Мечникова.

Автореферат разослан "10" 08 1996 г.

Ученый секретарь специализированного

Совета, д.ф.-м.н., профессор

А.В.Затовский

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00752238 (R)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Исследование поляризованного состояния в полимерных и композиционных сегнетоэлектриках, которое включает формирование поляризации, перенос и накопление заряда и электрическую релаксацию, является в настоящее время одним из основных направлений развития физики электретов. Повышенный интерес к этим материалам обусловлен еще до конца неиспользованными возможностями их широкого практического применения в качестве активных элементов пьезо- и пирозлектрических преобразователей. Полимерные сегнетоэлектрики, к которым относятся поливинилиденфторид (ПВДФ) и его сополимеры, выгодно отличаются от традиционных сегнетокерамик низкой плотности, возможностью изготовления в виде гибких тонких пленок большой длины и площади, относительной простотой технологии изготовления, широким диапазоном воспринимаемых частот.

Наряду с достаточно подробными исследованиями структуры полимерных сегнетоэлектриков и их широким применением нет ясности в процессах термостимулированной поляризации и электрической релаксации и их взаимосвязи с пирозлектрическим эффектом. Методы термостимулированной поляризации (ТСП) и деполяризации (ТСД) позволяет выявить и исследовать процессы формирования электретного состояния и электрической релаксации в диэлектриках. Что касается особенностей применения методов ТСП и ТСД к полимерным и композиционным сегнетоэлектрикам, особенно электризованным в коронном разряде, то они мало исследованы. Это относится как к методике измерений, так и к интерпретации полученных результатов.

Таким образом, исследование закономерностей термостимулированных процессов поляризации и электрической релаксации полимерных сегнетоэлектриков, изучение пирозэффекта является перспек-

тивной и актуальной задачей физики твердого тела, так как позволяет прогнозировать и целенаправленно изменять свойства этих полимерных материалов.

Целью работы является экспериментальное исследование закономерностей термостимулированных процессов формирования поляризованного состояния и электрической релаксации в полимерных сегнетоэлектриках типа ПВДФ и композитах на их основе.

В задачи исследования входят:

1. Исследовать кинетику процесса инжекции заряда и формирования внутренней поляризации в термостимулированных режимах.
2. Выяснить взаимосвязь образования объемного заряда с установлением сильной остаточной поляризации.
3. Проанализировать роль объемного заряда и поляризации на электрическую релаксацию заряженных полимерных сегнетоэлектриков.
4. Изучить пространственное распределение поляризации и объемного заряда в поляризованных пленках ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ).
5. Исследовать термостабильность поляризации и ее профиля при разных температурах.
6. Выявить особенности пирозлектрического эффекта в пленках ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ), а также в композитах на их основе.

Научная новизна

1. Получены качественно новые экспериментальные результаты по накоплению и релаксации объемного заряда и поляризации в полимерных сегнетоэлектриках в термостимулированных режимах.
2. Обнаружен аномальный участок отрицательного температурного коэффициента проводимости при термостимулированной поляризации полимерных сегнетоэлектриков и температурный гистерезис тока при охлаждении.

3. Показано, что формирование сильной остаточной поляризации в пленках ПВДФ и его сополимера П(ВДФ-ТФЭ), а также в композитах ВДФ-сегнетокерамика, сопровождается необратимым уменьшением эффективной проводимости.

4. Установлено, что характерного для полярных электретов соотношения токов ТСП и ТСД для полимерных сегнетоэлектриков не наблюдается.

5. Показано, что процесс электрической релаксации полимерных сегнетоэлектриков характеризуется распределением времен релаксации.

6. На основе экспериментальных данных о термостабильности поляризации и ее профиле при разных температурах найден энергетический спектр локализованных состояний в П(ВДФ-ТФЭ).

Практическая ценность определяется тем, что в качестве объектов исследования выбраны полимерные пленки, применяемые для изготовления электроакустических, пьезо- и пирозлектрических преобразователей, а в качестве способа зарядки - широко используемый в технике коронный разряд. Получен ряд практических рекомендаций по режимам зарядки.

Проведенные исследования вносят вклад в развитие представлений о механизмах термостимулированных процессов формирования и электрической релаксации и их взаимосвязи с пирозлектрическим эффектом в полимерных сегнетоэлектриках. Доказанное в работе положение о взаимосвязи остаточной поляризации с объемным зарядом, методика разделения пирозлектрической и релаксационной составляющих термотока могут быть распространены и на другие полимерные пленки, представляющие интерес для техники.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Появление сильной остаточной поляризации в пленках ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ), а также в композитах ПВДФ-ЦТС и ПВДФ-ВаTiO₃, в термостимулированных режимах сопровождается необратимым уменьшением эффективной проводимости, что обусловлено захватом инжектированных носителей заряда на глубокие ловушки, образованные на границах поляризованных зон.

2. В процессе электризации формируется квазистационарная система из двух видов заряда (внутренняя поляризация и объемный заряд), взаимное влияние которых проявляется в резком замедлении процессов электрической релаксации.

3. Токи ТСД композитов с высокой точки Кюри связаны с пьезоактивностью и величиной остаточной поляризации, которая сохраняется даже при деструкции полимерной связующей.

4. Аномальный температурный гистерезис тока при фракционной термостимулированной деполяризации полимерных сегнетоэлектриков обусловлен наличием медленно релаксирующих токов, превращающих режим ТСД в существенно нестационарный.

5. При электризации полимерных сегнетоэлектриков в коронном разряде возникает неоднородное распределение остаточной поляризации.

6. Максимум пьезоактивности на температурной зависимости коронозаряженных пленок ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ) обусловлен взаимосвязью пьезоэлектрической и релаксационной составляющих полного термотока. Обе составляющие зависят от внутренней поляризации и объемного заряда, релаксирующих в самосогласованном режиме.

7. Стабильность остаточной поляризации зависит от энергии связи захваченного заряда, компенсирующего деполяризующее поле.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на: Международной конференции по физике и технологии тонких пленок (г. Ивано-Франковск, Украина, 1995 г.), 54, 55. 56-й Научных конференциях ОГАПТ (г. Одесса, Украина, 1994, 1995, 1996 гг.), XIX конференции по физике конденсированных состояний (г. Сао Пауло, Бразилия, 1996 г.).

Публикации По результатам диссертации опубликовано 14 работ, список которых приведен в конце автореферата.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографии. Содержит 192 страницы, в том числе 72 рисунка на 56 страницах, 8 таблиц на 10 страницах, список литературы, включающий 207 работ (18 страниц).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обсуждается актуальность выбранной темы, определяется цель работы, обоснована ее практическая и научная значимость, формулируются основные положения и результаты, выносимые на защиту.

Первая глава является обзорной. В ней рассмотрены различные механизмы формирования остаточной поляризации в полимерных сегнетоэлектриках и возможные причины хорошей поляризуемости этого материала. Проанализированы известные данные о захвате, переносе и релаксации заряда в полимерах, о природе высокой пироактивности пленок ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ). Рассмотрены возможные механизмы проводимости полимерных пленок. Показано, что экспериментальные данные по переносу и накоплению объемного заряда в ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ).

Так как многие релаксационные процессы в ПВДФ и композициях ПВДФ-сегнетокерамика являются термоактивационными, то ясно, что термостимулированные методы исследования этих процессов занимают ведущее место. Однако, результаты исследований динами-

ки эффективной проводимости в процессе термостимулированной поляризации (ТСП) в разных полях, сравнение токов ТСП и ТСД образцов ПВДФ, заряжаемых в короне, сравнение токов при нагревании и охлаждении, использование методов фракционной ТСД для разделения пирозлектрической и релаксационной составляющих полного термотока, распределение поляризации по толщине и ее термостабильность нуждается в корректировке. Нет полной ясности в вопросе о влиянии режимов электризации и проводимости полимерной связующей на токи ТСД композитов ПВДФ- сегнетокерамика.

На основе анализа литературы в диссертации поставлена задача экспериментального исследования и анализа механизма формирования поляризации и накопления объемного заряда в полимерных сегнетоэлектриках при термостимулированных условиях, а также изучение процессов электрической релаксации и их взаимосвязи с пирозлектрическим эффектом.

Во второй главе приведено описание объектов и методов исследований. В качестве объектов исследований выбраны одноосноориентированные пленки поливинилиденфторида (ПВДФ) и его сополимеры с тетрафторэтиленом (П(ВДФ-ТФЭ)) (степень кристалличности 47%) толщиной 25 мкм, а также композиты ПВДФ-ЦТС и ПВДФ-ВаTiO₃ толщиной 250-300 мкм.

Электроды площадью 1 см² наносили на одну или обе поверхности образца термическим напылением алюминия в вакууме. Термостимулированная поляризация ТСП образцов осуществлялась тремя способами: зарядка в положительном и отрицательном коронном разряде по трехэлектродной схеме при линейном повышении температуры, термоэлектретным способом и методом сильного поля.

Токи термостимулированной деполяризации (ТСД) при линейном повышении температуры измерялись при наличии диэлектриче-

ского зазора, а также в режиме короткого замыкания с помощью электрометрического усилителя У5-6. Проанализированы такие методические вопросы, как влияние на токи ТСД материала диэлектрической прокладки и ее толщины, скорости нагрева. Разработана методика разделения пиков релаксации гомо- и гетерозарядов, а также выделение из графиков ТСД обратимой (пирозлектрической) составляющей термотока.

Дополнительный анализ токов ТСД в опытах с диэлектрическим зазором выявил возможность появления инверсного пика тока за счет релаксации псевдогomo- и псевдогетерозаряда, а также послужил основой для создания метода повышения информативности и чувствительности ТСД путем периодического включения в измерительную цепь последовательного конденсатора (с большим сопротивлением утечки) или дополнительного сопротивления.

Исследование пироактивности проведено квазистационарным и динамическим методами. Метод совмещенного исследования пироэффекта с другими изотермическими и термостимулированными процессами (ТСП, ТСД) позволил выявить температурно-полевой гистерезис пироактивности в ПВДФ.

Измерение распределения поляризации и объемного заряда проведено методом пьезоэлектрически генерируемой ступеньки давления (ПВСД).

В третьей главе приведены результаты исследований по ТСП полимерных и композиционных сегнетоэлектриков, повторной электризации и перезарядки, пространственного распределения поляризации по толщине и ее термической стабильности. Исследование процессов ТСП образцов показало, что появление сильной поляризации всегда сопровождается необратимым уменьшением эффективной проводимости (от $1 \cdot 10^{-12} \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ в исходных пленках до

$1 \cdot 10^{-14} \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ в поляризованных). При этом наблюдаются следующие особенности:

- на кривых $i(T)$ при ТСП полимерных пленок имеется участок отрицательного температурного коэффициента проводимости;

- сравнение положения и пиков токов ТСП и ТСД показало, что токи ТСП отражают не кинетику установления поляризации, а характер изменения эффективной проводимости (рис. 1);

- различие в кривых ТСП положительно и отрицательно заряженных образцов свидетельствует о важной роли инжекции зарядов из электродов по сравнению с объемными зарядами;

- при повышении поляризующих напряжений начало спада тока на кривых ТСП сдвигается в область более низких температур.

Сильная поляризация в заряженной пленке и резкое уменьшение ее проводимости взаимосвязаны. Если уменьшение проводимости обусловлено локальным захватом подвижных зарядов, то вследствие уменьшения концентрации свободных носителей в зоне захвата будет возрастать поле, а следовательно, и поляризация. С другой стороны, сильная поляризация кристаллических областей создает дополнительные глубокие ловушки для зарядов, компенсирующие деполаризующие поле и способствующие ее стабильности. Таким образом уменьшение эффективной проводимости при ТСП свидетельствует о важности объемно-зарядовых процессов и подтверждает положение о взаимосвязи поляризации с захватом зарядов не только в изотермических, но и в термостимулированных условиях. При этом повышение температуры и поля одинаково влияют на генерацию и инжекцию подвижных зарядов, большая начальная концентрация которых, как установлено, является необходимым условием для зарождения и развития сильной поляризации.

При ТСП композитов проводимость также необратимо уменьшается, но участка спада тока с ростом температуры не наблюдается.

Исследование токов ТСД двухслойных электризованных пленок ПВДФ показало, что поляризация неоднородна по толщине образца, причем при отрицательной полярности коронного разряда и в термоэлектричном режиме максимум поляризации находится вблизи анода. Это же подтверждено измерением распределения поляризации методом ПГСД. Термическая стимуляция не улучшает однородности поляризации, а увеличивает только высоту пика. Это свидетельствует о сильном влиянии на профиль поляризации инфекции электронов из виртуального электрода на поверхности пленки, бомбардируемой ионами коронного разряда. С увеличением электризуемого поля поляризованная зона расширяется, становясь более равномерной. Заряд, захваченный на склоне пика поляризации, нейтрализует деполяризующее поле в кристаллитах и образует с поляризацией самосогласованную систему, стабильность которой определяется объемным зарядом. Освобождение локализованного заряда может быть активировано термически, поэтому стабильность поляризации зависит от термостабильности захваченных зарядов. Именно этим объясняется уменьшение поляризации при нагревании пленок ПВДФ и сополимера. На основе экспериментальных данных по термостабильности поляризации и ее профиля при разных температурах был рассчитан энергетический спектр локализованных состояний. Установлено наличие двух релаксационных процессов с широким распределением энергетических уровней. Совпадение экспериментальной зависимости $P(T)$ с теоретической указывает на правильность предложенной модели.

В четвертой главе приводятся результаты токовой термо-стимулированной спектроскопии релаксационных процессов.

Анализ зависимостей тока ТСД позволил идентифицировать максимумы тока ТСД, обусловленные поляризационными

Температурная зависимость тока в процессе перичной (1,2) и повторной (3,4) ТСП при $U=600\text{В}$ в положительном (1,3) и отрицательном (2,4) коронном разряде.nergия активизации на прямолинейных участках 0,94 эВ (1,3), 0,78 эВ (2) и 0,72 эВ (4)

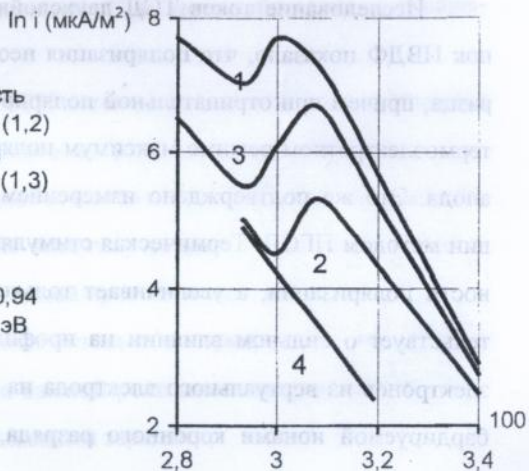


Рис. 1.

Ток деполяризации и распределение энергии активации релаксационных процессов в П (ВДФ-ТЭФ), электризованном термоэлектрическим способом

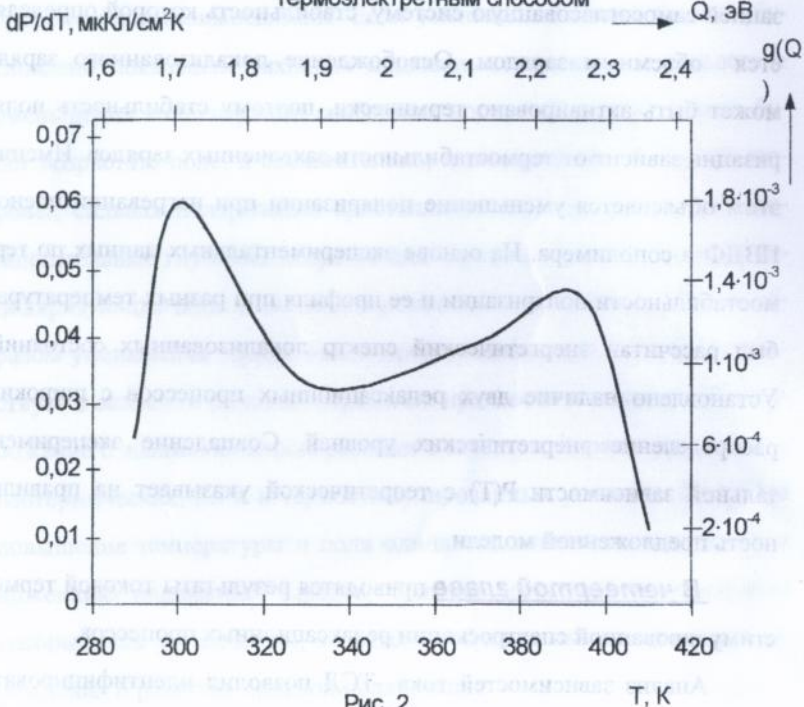


Рис. 2.

процессами и спадом инжектированных зарядов. Показано, что гомозаряд более стабилен, чем гетерозаряд.

При фракционной ТСД пленок ПВДФ, заряженных в короне, наблюдается аномальный температурный гистерезис тока, обусловленный наличием медленно релаксирующих токов, превращающих режим ТСД в существенно нестационарный, что значительно усложняет интерпретацию данных. Для устранения этой трудности предложен и применен режим совмещенного линейного нагрева с изотермическим отжигом. Изучение поведения ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ) в режиме фракционной ТСД позволило получить спектр энергии активации релаксационных процессов.

Из анализа экспериментальных данных по токам ТСД установлено, что в полимерных и композиционных сегнетоэлектриках наблюдаются три релаксационных процесса, а именно: α -релаксация при 80-110°C, связанная с объемно-зарядовой поляризацией, инжекцией и захватом зарядов, β -релаксация при -40°C, обусловленная увеличением подвижности главной полимерной цепи в аморфной фазе при структурном переходе из стеклообразного в резиноподобное состояние, и γ -релаксация при -135°C, связанная реориентацией боковых молекулярных групп в стеклообразном состоянии полимера.

Анализ высокотемпературного пика тока ТСД в композитах ПВДФ ВаTiO₃ был проведен методом термических окон. Были выделены индивидуальные дебаевские процессы и определены параметры релаксации (распределение времен релаксации и энергии активации). Установлено, что существует два активационных процесса, один из которых обусловлен, вероятно, эффектом Максвелла-Вагнера, а второй - захватом зарядов на границах поляризованных областей.

Исследовано влияние режима электризации и проводимости полимерной связующей на токи ТСД и пьезоактивность (d_{33}) компо-

зитов ПВДФ-ЦТС. Установлено, что пьезоактивность, а следовательно и остаточная поляризация выше в композитах с низкоомной полимерной связующей, чем с высокоомной. Это согласуется с теорией Г.И.Сканави о распределении поля в гетерогенных диэлектриках. Токи ТСД в композитах только частично имеют релаксационную природу, так как при охлаждении изменяется знак тока, а при повторном нагревании ток снова появляется, но уменьшенный по величине. Следовательно, остаточная поляризация в процессе ТСД не отжигается, и пики тока не связаны с ее величиной, а обусловлены процессом релаксации неустойчивой части объемной поляризации и захваченного заряда в полимерной матрице. Установлено, что с ростом температуры электризации остаточная поляризация увеличивается, а удельная проводимость уменьшается. Максимум тока ТСД в композитах появляется при температуре поляризации, что указывает на термоэлектретную природу пиков.

Из графиков тока ТСД с фракционным нагревом выделена и проанализирована обратимая пирозлектрическая составляющая, рассчитан пироккоэффициент для пленок ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ) ($10-30 \text{ мкКл/м}^2 \cdot \text{К}$) и найдена его зависимость от температуры. Показано, что пироактивность в ПВДФ и П(ВДФ-ТФЭ) является следствием глубокой взаимосвязи обратимых температурных изменений остаточной поляризации и находящегося с ней в равновесии захваченного объемного заряда. Этот вывод подтверждает обнаруженный температурно-полевой гистерезис пироактивности в режиме слабых смещающих полей, когда нет влияния сегнетоэлектричества. Установлено, что после ТСП в слабом (8 мВ/м) поле внешнее напряжение мало влияет на величину пироккоэффициента, причем даже изменение полярности напряжения лишь незначительно уменьшает величину пироактивности, не изменяя направления пиротока. Таким образом,

замороженное пьезоэлектрическое поляризованное состояние поддерживается сильным внутренним полем.

Сравнение данных по ТСП и ТСД полимерных и композиционных сегнетоэлектриков показало, что несмотря на различный масштаб гетерогенности этих материалов, процессы формирования поляризации и электретоного состояния проходят одинаково.

В заключении формулируются основные результаты диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при термостимулированной поляризации полимерных сегнетоэлектриков происходит захват инжектированных носителей заряда на глубокие ловушки, в результате чего эффективная проводимость необратимо уменьшается. Это подтверждается экспериментально N-образным видом кривых тока ТСП с участком отрицательного температурного коэффициента проводимости, несовпадением кривых прямого и обратного хода при ТСП, а также при первичной и повторной электризации.

2. Показано, что в процессе поляризации полимерных сегнетоэлектриков формируется квазистационарная система из двух вида заряда (поляризация и объемный заряд), взаимное влияние которых проявляется в резком замедлении процессов электрической релаксации. Более стабильным является объемный заряд. Это подтверждено наличием взаимосвязи между релаксационной и пьезоэлектрической составляющими термотока, наличием температурно-полевого гистерезиса пьезоактивности.

3. Экспериментально доказано, что токи ТСД композиционных полимерных сегнетоэлектриков с высокой точкой Кюри не связаны с пьезоактивностью и величиной остаточной поляризации, которая сохраняется даже при деструкции полимерной связующей.

4. Установлено, что при электризации полимерных сегнетоэлектриков в коронном разряде возникает неоднородное распределение поляризации, свидетельствующее о блокировании инжекции дырок из металлического электрода и омическом характере виртуального электрода, образованного на поверхности пленки ионами разряда.

5. На основе данных о термостабильности поляризации и ее профиле при разных температурах найден энергетический спектр локализованных состояний в П(ВДФ-ТФЭ).

6. В результате проведенных исследований выработан ряд рекомендаций по режимам термостимулированной поляризации полимерных сегнетоэлектриков в коронном разряде, обеспечивающих получение высокой и устойчивой остаточной поляризации.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Fedosov S.N., Sergeeva A.E., Tarig I.F., Mirak'ian A.M. Relaxation Processes in Corona Poled P(VDF-TFE) Copolymers Studied by TSD Current Method // Appl. Phys. Lett.-1996.-v.69, №7.-p. 890-892.
2. Fedosov S.N., Sergeeva A.E., Mirak'ian A.M., Tarig I.F. Compensation of Depolarizing Field in Corona Poled PVDF Films by Trapped Charges // Phys. Stat. Sol.(a).-1996.-v. 156, №2.-p. 524-527.
3. Сергеева А.Е., Федосов С.Н., Мирак'ян А.М., Тариг И.Ф. Струми термостимульованої деполяризації та п'єзоактивність композитів ПВДФ-ЦТС // Журн.фізичн.досліджень.-1996, т.1, №2.-С. 130-133.
4. Сергеева А.Е., Тариг И.Ф.Ф., Миракьян А.М., Скитер И.С. Электризованные полимерные пленки для пироэлектрических детекторов излучения // Технология и приборостроение.- 1996, №3.-С. 37-41.

5. Fedosov S., Sergeeva A., Pissis P., Tarig I.F. Glass-Rubber Transit on PVDF Studied by TSD //Proc. XIX Conf. "Phys. Condens. State".- Sao Paulo.- 1996.-P. 235-237.
6. Sergeeva A., Fedosov S., Tarig I.F., Mirak'ian A. On the Role of Injection and Trapping Charge Carriers in Stability and Spatial Distribution of Polarisation in Ferroelectric Polymers //Pros. XIX Conf. "Phys. Condens. State".-Sao Paulo.- 1996.-P. 232-234.
7. Тариг И.Ф. Влияние обработки полимерных пленок в коронном разряде на их электретные свойства // Киев, 1996ю-14с.- Деп. в ГНТБ Украины, № 1062-Ук96ю
8. Тариг И.Ф. Аномальный изотермический спад электретного потенциала пленок поливинилиденфторида//55-я Научн. конф. ОГАПТ: Тез. докл.- Одесса.-1995.-С.338.
9. Сергеева А.Е., Тариг И.Ф., Миракьян А.М. Термостимулированная релаксация заряда в сегнетоэлектрических полимерных пленках // Мат. V Межд.конф. по физике и технологии тонких пленок: Тез.докл.-Ивано-Франковск, 1995.- С.338.
10. Тариг И.Ф. Релаксационные и пьезоэлектрические явления в ПВДФ // 54 -я Научн.конф.ОГАПТ: Тез.докл.-Одесса, 1994.- С.85.
11. Федосов С.Н., Миракьян А.М., Тариг И.Ф. Модель электризации тонкопленочных полимерных сегнетоэлектриков в коронном разряде // Мат.V Межд.конф. по физике и технологии тонких пленок: Тез.докл.-Ивано-Франковск, 1995.- С.345.
12. Федосов С.Н., Сергеева А.Е., Тариг И.Ф. Динамика профиля поляризации в пленках поливинилиденфторида // 55-я Научн.конф.ОГАПТ: Тез.докл.-Одесса, 1995- С.336.
13. Сергеева А.Е., Тариг И.Ф. Электронно-лучевая электризация сегнетоэлектрических полимерных пленок // 55-я Научн.конф.ОГАПТ: Тез.докл.-Одесса, 1995.-ч.П.- С.340.

14. Таріг І.Ф. Релаксація об'ємного заряду при термостимульованій деполяризації електретів из полівиніліденфторида // 56-я Научн. конф. ОГ АІПТ: Тез. докл.-Одесса, 1996.-ч.ІІ- С.297.

АНОТАЦІЯ

Таріг Ісмаїл Фадл Ельмаула. Термостимульовані процеси поляризації та електричної релаксації в полімерних сегнетоелектриках.

Дисертація (рукопис) на здобуття наукового ступеню кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 - фізика твердого тіла, Одеський державний університет, Одеса, 1996 р.

У дисертації містяться результати експериментальних досліджень з термостимульованої поляризації та електричної релаксації поляризованого стану в полімерних сегнетоелектриках та ролі в цих процесах об'ємного заряду. Показано, що поляризація та об'ємний заряд, який виникає внаслідок інжекції або розділення носіїв заряду, утворюють самоузгоджену систему. Стабільність якої визначається об'ємним зарядом. Цей заряд локалізується на границях поляризованих областей.

ANNOTATION

Tarig Ismail Fadi Elmaula. Thermostimulated Processes of Polarization and electrical Relaxation in Polymeric Ferroelectrics.

Dissertation for a degree of the Candidate of Physical-Mathematical Science, speciality 01.04.07 - physics of status solidi, Odessa State University, Odessa, 1996.

The dissertation contains data of experimental investigation on thermostimulated the build-up and relaxation of a polarized state in polymeric ferroelectrics, and the role played in these processes by the space charge, the latter appearing as a result of either injection, or separation of

charge carriers. form a self-consistent and slowly relaxing system. Its stability is governed by the space charge localized at the boundaries of the polarized zones.

Ключевые слова: сегнетополимеры, композиты, ПВДФ, П(ВДФ-ТФЭ).

АВ 35.294

АВ 35.294

АННОТАЦІЯ (СФТ-ФДП, ФДП)

Tariq Ismail Fadi Elmawla. Thermoformulated Processes of Polarization and electrical Relaxation in Polymeric Ferroelectrics.

Дисертація (рукопис) на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 - фізика твердого тіла, Одеської державної університету, Одеса, 1996 р.

У дисертації виставляються результати експериментальних досліджень з термоформуваної поляризації та електричної релаксації поєднаного стану в полімерних сегнетоелектриках та ролі цих процесів у об'ємного заряду. Показано, що поляризація та об'ємний заряд, який виникає внаслідок інжекції або розділення носіїв заряду, утворюють самоузгоджену систему. Стабільність такої взаємодії об'ємного заряду. Цей заряд локалізується на границях полярізованих областей.

ANNOTATION

Tariq Ismail Fadi Elmawla. Thermoformulated Processes of Polarization and electrical Relaxation in Polymeric Ferroelectrics.

Dissertation for a degree of the Candidate of Physical-Mathematical Science, speciality 01.04.07 - physics of states solid, Odessa State University, Odessa, 1996.

The dissertation contains data of experimental investigation on thermoformulated the build-up and relaxation of a polarized state in polymeric ferroelectrics, and the role played in these processes by the space charge, the latter appearing as a result of either injection, or separation of