

Повышение электретных свойств полистирола при введении диоксида титана

М. Ф. Галиханов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия, e-mail: mgalikhanov@yandex.ru

Изучены электретные свойства композиций полистирола с диоксидом титана. Определены оптимальные параметры приготовления коронозлектретов на основе полистирола. Выяснено, что наполнение полистирола 2–10 об.% диоксида титана ведет к росту значений его электретных характеристик, что обуславливается появлением и увеличением доли макромолекул полимера с пониженной подвижностью, возникновением межфазной поляризации и образованием высокоэнергетических ловушек, находящихся на границе раздела фаз «полимер – наполнитель». Показано, что при наполнении полистирола диоксидом титана значительно повышается термостабильность его электретных свойств.

Ключевые слова: электрет, полимерная композиция, полистирол, диоксид титана.

УДК 541.124:542.952.6:547.313

ВВЕДЕНИЕ

Перспектива применения полимерных электретов в традиционных и новых областях техники, технологии [1–3] обуславливает рост научных исследований, касающихся изучения электретных свойств распространенных полимерных материалов – полиэтилена, полипропилена, полиэтилентерефталата, полистирола и т.д. [3–8]. Важным становится поиск путей возрастания величины и стабильности электретного эффекта в данных полимерах, среди которых оптимизация условий поляризации полимеров [9–10], химическая модификация [11–12], облучение [13] и т.д. Наиболее простым и технологическим способом изменения электретных свойств полимеров является их наполнение дисперсными частицами [14–19]. При этом на поверхности наполнителя образуется граничный слой из макромолекул полимера с пониженной подвижностью [20, 21], затрудняющей протекание релаксационных процессов (в т.ч. – релаксации электретного состояния). Кроме того, на границе раздела фаз «полимер – наполнитель» наблюдается поляризация Максвелла-Вагнера – эффект, обусловленный разностью электропроводности двух компонентов системы [22].

Одним из наиболее крупнотоннажных полимеров является полистирол [23]. Однако электретные свойства полистирола не всегда достаточны для практического применения.

Цель настоящей работы – создание электретов на основе композиций полистирола с порошкообразным наполнителем и изучение взаимосвязи их состава, условий получения и свойств.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве объектов исследования были выбраны полистирол (ПС) марки ПСМ 115

(ГОСТ 20282-86) плотностью 1,06 г/см³, средневязкостной молекулярной массой 3×10^5 и удельным электрическим объемным сопротивлением 2×10^{14} Ом·м и диоксид титана марки Р-02 с плотностью 4,10 г/см³, диаметром частиц 0,3 мкм и удельной поверхностью $S_{уд}$ 12,5 м²/г.

Смешение полимера с наполнителем осуществлялось на лабораторных микровальцах при $170 \pm 5^\circ\text{C}$ и времени смешения 3 мин. Приготовление пластинок толщиной 0,4 мм осуществлялось прессованием на гидравлическом прессе при $190 \pm 5^\circ\text{C}$ и времени выдержки под давлением 5 мин.

Поляризация полимерных пластинок проводилась в поле отрицательного коронного разряда с помощью электрода, состоящего из 196 заостренных игл, равномерно расположенных на площади 49 см² в виде квадрата. Расстояние между пластинкой и электродами составляло 20 мм. При этом варьировали напряжение поляризации ($U_{пол}$, кВ), время поляризации ($\tau_{пол}$, с), температуру ($T_{нагр}$, °С) и время предварительного нагрева образцов ($\tau_{нагр}$, с). Электреты хранили при комнатной температуре в незакороченном состоянии.

Измерение электретной разности потенциалов $U_{ЭРП}$ проводили ежедневно методом вибрирующего электрода (бесконтактным индукционным методом) по ГОСТ 25209-82. Время от поляризации пленки до первого измерения потенциала ее поверхности составляло 1 час. Поверхностную плотность зарядов ($\sigma_{эф}$) рассчитывали по формуле:

$$\sigma_{эф} = U_k \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 / \delta,$$

где U_k – компенсирующее напряжение ($U_{ЭРП}$); ϵ – диэлектрическая проницаемость полимера,

ϵ_0 – электрическая постоянная, равная $8,854 \times 10^{-12}$ Ф/м; δ – толщина электрета [1]. Погрешность измерения электретных характеристик не превышала 3%.

Спектры термостимулированных токов (ТСТ) измерялись при нагревании образцов со скоростью $5^\circ\text{C}/\text{мин}$ с помощью специальной измерительной ячейки, снабженной блокирующими алюминиевыми электродами и тефлоновой прокладкой на пикоамперметре А2-1. Регистрацию и визуализацию спектров ТСТ осуществляли на персональном компьютере. Глубину ловушек инжектированных носителей заряда рассчитывали методом Гарлика-Гиббсона по начальному наклону пиков ТСТ.

Для исследования влияния повышенных температур на электретные образцы их помещали в термошкаф с температурой 170°C на 60 минут, затем снова производили замер электретных характеристик.

Снятие ИК-спектров пленок полимеров проводили на спектрометре «SPECORD 75 IR».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование униполярного коронного разряда для получения полимерных электретов обусловлено рядом преимуществ – простотой конструкционного оформления, относительно высокой скоростью процесса, равномерным распределением зарядов по поверхности материала. При этом в объеме диэлектрика осуществляется накопление инжектированных носителей заряда (для отрицательной короны – электроны, ионы O_2^- и CO_3^- [3]). Величина и стабильность электретного заряда зависят от количества и энергетической глубины проникновения гомозаряда, а это, в свою очередь, зависит от условий поляризации и наличия структур, способных играть роль ловушек инжектированных носителей заряда (дипольных группировок, примесей, структурных аномалий, свободного объема полимера, границы раздела фаз и т.д.) [1, 3].

Зависимость свойств полимерных электретов от условий их приготовления (времени поляризации, напряжения электрического поля, формирующего электретный заряд, температуры и давления) изучали и ранее [9, 10, 24–26]. Однако исследования не всегда носили системный характер, зачастую при выявлении оптимальных условий поляризации авторы не приводили объяснение наблюдаемых закономерностей. Сравнительный анализ полученных зависимостей электретных свойств от условий поляризации провести затруднительно, так как объекты исследования, методы поляризации в разных

работах не были идентичными. Поэтому представляло интерес оптимизировать параметры приготовления короноэлектретов на основе полистирола (рис. 1). Следует заметить, что, хотя распределение зарядов по поверхности образцов не изучалось специальными методами [1, 3], измерения их электретных характеристик в различных точках позволяют говорить о небольшом разбросе показаний по поверхности образцов – не более 5%.

Исследования показали, что характер влияния температуры предварительного прогрева пленок на электретную разность потенциалов (рис. 1а) и эффективную поверхностную плотность заряда полистирольного короноэлектрета экстремален с максимумом при температуре 100°C . Улучшение электретных свойств полистирола после предварительного прогрева связано с более глубоким проникновением носителей заряда в объем полимера за счет большей молекулярной подвижности его цепей, а следовательно, возросшей электропроводности [27]. Время предварительного нагрева пластинок играет определенную роль только до определенного значения – 10 мин (рис. 1б). Очевидно, что данное время необходимо для полного прогрева полимера по всему объему. Дальнейший нагрев полистирольных образцов практически не влияет на их электретные свойства. Зависимость $U_{ЭРП}$ полистирольных короноэлектретов от напряжения поля коронного разряда носит экстремальный характер (рис. 1в). При увеличении напряжения поляризации значения электретных свойств возрастают, что связано с увеличением количества инжектированных носителей, попадающих внутрь материала. С дальнейшим повышением $U_{пол}$ возрастает вероятность пробоя образцов, что ведет к уменьшению заряда электретов (рис. 1в). Такой же характер имеет и зависимость электретной разности потенциалов от времени поляризации $\tau_{пол}$ (рис. 1г). Повышение $U_{ЭРП}$ полистирола с увеличением $\tau_{пол}$ также связано с ростом числа носителей заряда, инжектируемых в полимер. Однако при обработке полимеров в коронном разряде идет окисление его поверхности с накоплением в поверхностном слое дипольных групп (гетерозаряда), оказывающих негативное влияние на величину электретного заряда как разницы между инжектированным зарядом и поляризацией. Окисление полистирола под действием коронного разряда зафиксировано с помощью данных ИК-спектроскопии – замечено небольшое увеличение интенсивности полос поглощения полистирола при электретировании, относящихся к С–О-группам (1150 см^{-1}) и к карбонильным группам (1750 см^{-1}). При длительном воздействии коронного разряда (более 45 с)

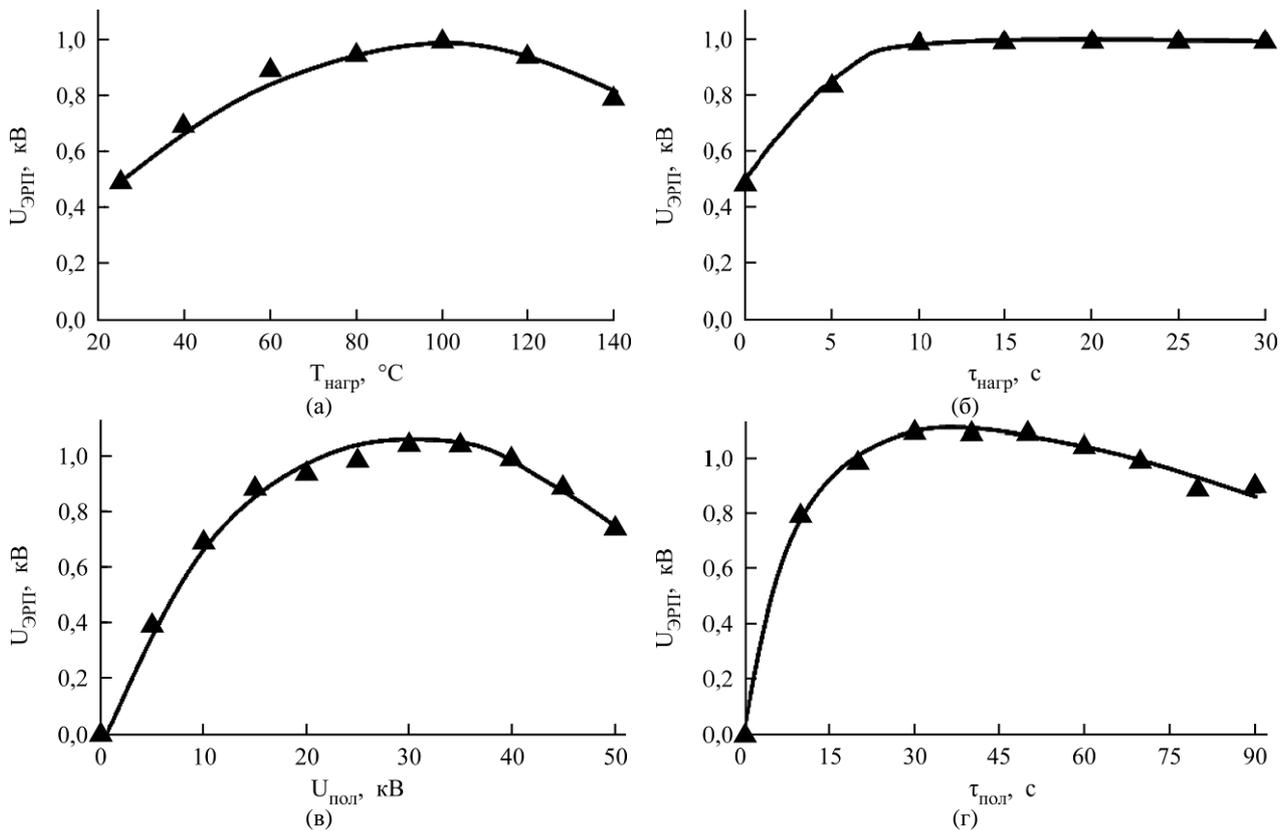


Рис. 1. Зависимость электретенной разности потенциалов короноэлектретов на основе полистирола от условий приготовления. Параметры поляризации: (а) – $U_{пол} = 30$ кВ, $\tau_{пол} = 60$ с, $\tau_{нагр} = 600$ с; (б) – $U_{пол} = 30$ кВ, $\tau_{пол} = 60$ с, $T_{нагр} = 90^\circ\text{C}$; (в) – $\tau_{пол} = 60$ с, $\tau_{нагр} = 600$ с, $T_{нагр} = 100^\circ\text{C}$; (г) – $U_{пол} = 30$ кВ, $\tau_{нагр} = 600$ с, $T_{нагр} = 100^\circ\text{C}$. Срок хранения электретов – 30 суток.

процессы образования кислородсодержащих групп на поверхности полистирола (формирования гетерозаряда) начинают превалировать над процессами накопления гомозаряда, что и проявляется на свойствах полистирольного электрета (рис. 1г). В дальнейшем все исследуемые короноэлектреты были получены при оптимизированных параметрах приготовления: $T_{нагр} = 100^\circ\text{C}$, $\tau_{нагр} = 600$ с, $U_{пол} = 30$ кВ, $\tau_{пол} = 30$ с. При данных условиях поляризации значения электретенных характеристик полистирола достигают наибольших величин (для используемого коронатора): $U_{ЭРП} = 1,1$ кВ, $\sigma_{эф} = 55,98$ мкКл/м². Конечно же, одним из параметров поляризации, существенно влияющим на величину и стабильность заряда электрета, является полярность коронного разряда. Однако большинство работ, посвященных исследованию электретенных свойств полистирола и композитов на его основе, касаются именно отрицательно заряженных материалов [3, 4, 28, 29].

Как видно (рис. 1), изменением параметров поляризации существенно повысить электретенные свойства полистирола не удастся. Поэтому далее были получены композиции полистирола с дисперсным наполнителем и изучены их электретенные свойства. В качестве наполнителя был выбран диоксид титана как один из наиболее распространенных наполнителей в полимерной

индустрии [20, 30]. К тому же применение диоксида титана для повышения электретенных свойств различных полимеров описано в литературных источниках [28, 31, 32].

Исследования показали, что свойства короноэлектретов на основе композиций полистирола с диоксидом титана зависят от содержания наполнителя: его добавление ведет к росту значений электретенных характеристик полимера (рис. 2). Наблюдаемое повышение электретенных характеристик полистирола при введении наполнителя ожидаемо и объясняется многими факторами. Во-первых, как уже было отмечено выше, в объеме композиции увеличивается доля макромолекул полимера с пониженной подвижностью (в граничном слое поверхности наполнителя) [20, 21]. Это значительно затрудняет протекание релаксационных процессов в поле инжектированных зарядов, аккумулированных на границе «полимер-наполнитель».

Во-вторых, при электретировании в коронном разряде образуется объемный заряд, в поле которого на границах частиц наполнителя превалирует межфазная поляризация. Это явление известно как эффект Максвелла-Вагнера, согласно которому накопление зарядов в неоднородных материалах (композициях) обусловлено разницей проводимости двух фаз (полистирола и диоксида титана). При электризации

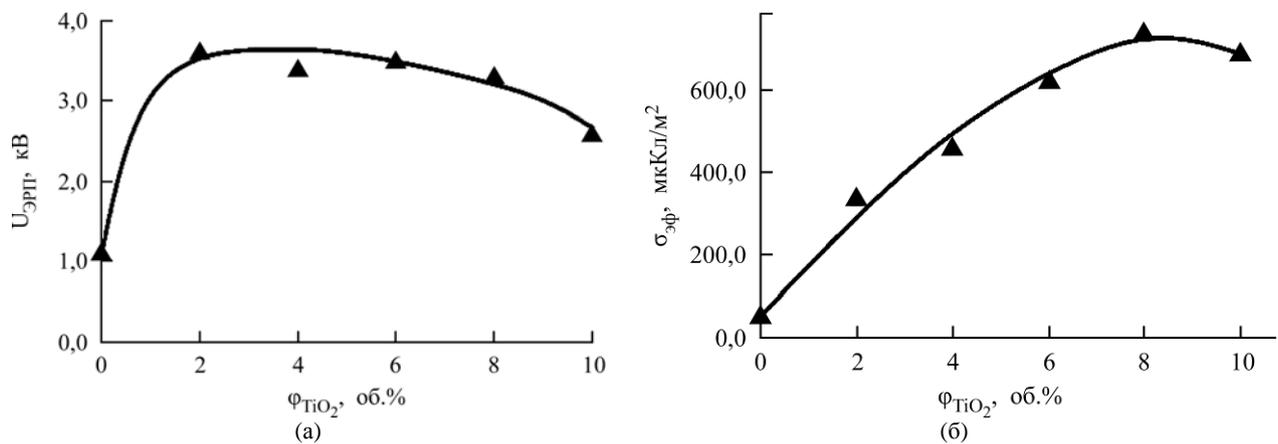


Рис. 2. Зависимость электретной разности потенциалов (а) и эффективной поверхностной плотности заряда (б) полистирольных композиционных коронозлектретов от содержания диоксида титана. Срок хранения электретов – 30 суток.

такого материала носители будут собираться вблизи межфазной границы [16, 22].

В-третьих, введение дисперсного наполнителя в состав полимера обуславливает образование высокоэнергетических ловушек, находящихся на границе раздела фаз «полимер – наполнитель» [14, 16]. Для определения энергии активации ловушек различной природы был привлечен метод термостимулированной деполяризации, заключающийся в нагреве коронозлектрета и регистрации тока, обусловленного движением носителей заряда, высвобождающихся при разрушении тех или иных энергетических ловушек. Различие в спектрах термостимулированных токов полистирола и его композиций с различным содержанием диоксида титана представлено на рис. 3.

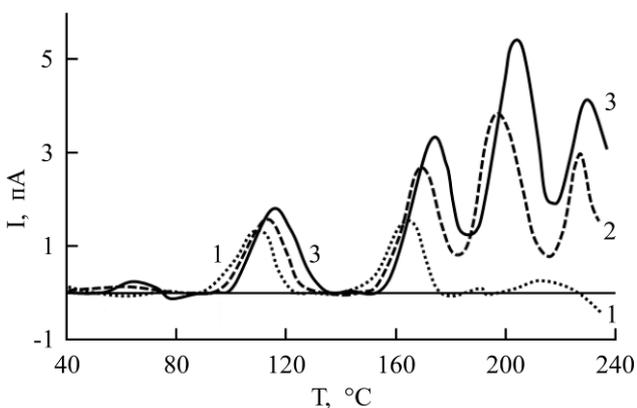


Рис. 3. Спектры термостимулированных токов коронозлектретов на основе полистирола (1) и композиций полистирола с 4 (2) и 8 об.% (3) диоксида титана. Срок хранения электретов – 30 суток.

На спектрах термостимулированных токов полистирольного коронозлектрета (рис. 3, кривая 1) наблюдается наличие двух положительных пиков – при ~ 105 и $\sim 165^\circ\text{C}$. Они связаны с релаксацией гомозаряда, то есть с высвобождением инжектированных носителей зарядов из энергетических ловушек, характерных для чистого полимера [14]. Первый пик проявля-

ется вблизи температуры стеклования полистирола. При нагреве полистирола выше данной температуры резко повышается сегментальная подвижность его макромолекул, что ведет к высвобождению инжектированных носителей зарядов из структурных энергетических ловушек. Рассчитанная энергия активации релаксации заряда, соответствующая данному пику, составила $1,00 \pm 0,05$ эВ. Второй пик ТСТ регистрируется при достижении температуры текучести полистирола, при которой в полимере разрушаются межцепные взаимодействия. Энергия, необходимая для высвобождения носителей зарядов (глубина ловушек), составляет при этом $1,05 \pm 0,05$ эВ. При дальнейшем нагреве полистирольного коронозлектрета пиков термостимулированных токов не наблюдается, что говорит о его полной деполяризации. Если учитывать, что площадь под кривой «ток деполяризации – температура» пропорциональна заряду электрета, то видно, что распределение носителей зарядов по наблюдаемым двум категориям ловушек примерно равномерное (рис. 3, кривая 1).

При нагреве коронозлектретов на основе композиций полистирола с диоксидом титана наблюдается иная картина (рис. 3, кривые 2, 3). Помимо пиков ТСТ, характерных для чистого полистирола, регистрируются дополнительные пики при температурах, гораздо выше температуры текучести полистирола. Причем увеличивается и интенсивность тока, появляющегося при температуре стеклования и в более значительной мере температуре текучести полимера. Это обусловлено наличием вблизи поверхности частиц диоксида титана адсорбционного слоя полистирола с малой подвижностью, вследствие чего увеличивается время релаксации его макромолекул. Для композиции полистирола с 4 об.% диоксида титана глубина ловушек равна $1,05 \pm 0,05$ и $1,35 \pm 0,05$ эВ соответственно для

Изменение электретной разности потенциалов и эффективной поверхностной плотности зарядов полистирольных композиционных короноэлектретов при выдержке 170°C в течение 60 минут

Композиция	До термообработки		Через 1 час после термообработки		Через 14 суток после термообработки	
	$ U_{эрт} $, кВ	$ \sigma_{эф} $, мкКл/м ²	$ U_{эрт} $, кВ	$ \sigma_{эф} $, мкКл/м ²	$ U_{эрт} $, кВ	$ \sigma_{эф} $, мкКл/м ²
ПС	1,1	55,98	0	0	0	0
ПС + 2% TiO ₂	3,6	338,85	2,0	188,25	1,3	122,36
ПС + 4% TiO ₂	3,4	467,00	1,9	260,97	1,4	192,29
ПС + 6% TiO ₂	3,5	632,04	2,1	379,22	1,9	343,09
ПС + 8% TiO ₂	3,3	738,59	2,0	447,63	1,8	313,01
ПС + 10% TiO ₂	2,6	694,33	1,6	427,28	1,5	400,58

первой и второй категорий ловушек носителей заряда.

Наличие новых пиков ТСТ при 200–210 и 230–235°C, безусловно, связано с наличием в полимерных композициях границы раздела фаз «полимер – наполнитель», с образованием на ней новых ловушек инжектированных носителей зарядов. Адсорбционные взаимодействия макромолекул полистирола с поверхностью частиц диоксида титана достаточно сильны, следовательно, энергия, необходимая для высвобождения носителей зарядов, попавших на межфазные границы, тоже велика. Расчет энергий активации релаксации заряда из новых категорий ловушек для короноэлектрета из композиции полистирола с 4 об.% диоксида титана (рис. 3, кривая 2) показал значения $1,55 \pm 0,05$ и $1,40 \pm 0,05$ эВ для третьего и четвертого пиков термостимулированных токов. Увеличение содержания наполнителя (увеличение протяженности границы раздела фаз) ведет к увеличению доли макромолекул полистирола, взаимодействующих с поверхностью наполнителя, что сказывается на незначительном росте значений энергии активации (для короноэлектрета на основе композиции полистирола с 8 об.% диоксида титана – $1,60 \pm 0,05$ и $1,45 \pm 0,05$ эВ соответственно для третьей и четвертой категорий ловушек носителей заряда). При этом наблюдается и перераспределение инжектированных носителей заряда по категориям ловушек. Для композиций ПС с 4 об.% TiO₂ ~ 14% носителей заряда высвобождается при нагреве выше температуры стеклования (разрушении первой категории ловушек), ~ 25% – при нагреве выше температуры текучести, ~ 39 и ~ 22% – при разрушении третьей и четвертой категорий ловушек. Для композиций полистирола с 8 об.% наполнителя эти значения – ~ 11, ~ 24, ~ 40 и ~ 25% соответственно (рис. 3).

Для проверки данных расчетов был проделан следующий эксперимент. Короноэлектреты на основе полистирола и его композиций с диоксидом титана были нагреты до температур теку-

чести (170°C), после чего значения электретной разности потенциалов и эффективной поверхностной плотности заряда образцов сравнивались с начальными значениями (до нагрева). Действительно, процесс перехода полистирола в вязкотекучее состояние привел к полной релаксации его заряда, то есть к деполяризации (см. таблицу). Нагрев же композиционных материалов ведет к 40–45% потере электретных свойств. Сохранение заряда короноэлектретов при повышенных температурах имеет большое практическое значение. Например, появляется возможность создания электретных изделий, работающих при повышенных температурах. Также листовые полистирольные композиционные короноэлектреты можно перерабатывать методами, не подразумевающими больших сдвиговых деформаций (например, штампованием, вакуумформованием) без значительной потери ими электретных свойств. Другими словами, может быть разработана новая технология получения полимерных электретных элементов различных устройств и приборов, подразумевающая обработку в постоянном коронном разряде листовых заготовок в потоке с последующим формованием изделий необходимой конфигурации.

ВЫВОДЫ

1. Оптимальными параметрами приготовления короноэлектретов на основе полистирола являются: температура предварительного нагрева 100°C, время предварительного нагрева 600 с, напряжение поляризации 30 кВ и время поляризации 30 с. При данных условиях поляризации значения электретных характеристик полистирола достигают наибольших значений (для используемого коронатора): электретная разность потенциалов 1,1 кВ, эффективная поверхностная плотность заряда 55,98 мкКл/м².

2. Наполнение полистирола 2–10 об.% диоксида титана ведет к росту значений его электретных характеристик. Повышение электретной разности потенциалов и эффективной поверхностной плотности заряда полистирола при

наполнении обуславливается появлением и увеличением доли макромолекул полимера с пониженной подвижностью, возникновением межфазной поляризации и образованием высокоэнергетических ловушек, находящихся на границе раздела фаз «полимер – наполнитель».

3. При наполнении полистирола диоксидом титана значительно повышается термостабильность его электретных свойств. При выдержке при 170°C в течение 60 минут значения электретной разности потенциалов и эффективной поверхностной плотности заряда у композиционных короноэлектретов снижаются на 40–45%, тогда как у полистирольных падают до нуля.

ЛИТЕРАТУРА

- Kestelman V.N., Pinchuk L.S., Goldade V.A. *Electrets in Engineering: Fundamentals and Applications*. Boston–Dordrecht–London: Kluwer Acad. Publ., 2000. 281 p.
- Goel M. *Curr Sci India*. 2003, **85**, 443–453.
- Yovcheva T. *Corona charging of synthetic polymer films*. New York: Nova Science Publishers Inc, 2010. 60 p.
- Erhard D.P., Lovera D., Giesa R., Altstädt V. et al. *J Polym Sci Pol Phys*. 2010, **48**(9), 990–997.
- Yovcheva T.A., Avramova I.A., Mekishev G.A., Marinova T.S. *J Electrostat*. 2007, **65**(10–11), 667–671.
- Ignatova M., Yovcheva T., Viraneva A., Mekishev G. et al. *Eur Polym J*. 2008, **44**, 1962–1967.
- Li J., Zhou F., Min D., Li S., Xia R. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. 2015, **22**(3), 1723–1732.
- Guzhova A., Yovcheva T., Viraneva A. *Bulgarian Chemical Communications*. 2015, **47**(Special Issue B), 115–120.
- Herous L., Nemamcha M., Remadnia M., Dascal L. *J Electrostat*. 2009, **67**(2–3), 198–202.
- Xia Z., Buechtemann A., An Z., Jiang J. et al. *J Electrostat*. 2005, **63**, 387–398.
- Rychkov A.A., Trifonov S.A., Kuznetsov A.E. et al. *Russ J Appl Chem+*. 2007, **80**(3), 461–465.
- Tang M., An Z., Xia Z., Zhang X. *J Electrostat*. 2007, **65**(4), 203–208.
- Yovcheva T., Marudova M., Viraneva A., Gencheva E. et al. *J Appl Polym Sci*. 2013, **128**(1), 139–144.
- Galikhanov M.F., Goldade V.A., Deberdeev R.Ya. *Polym Sci Ser A*. 2005, **47**(2), 134–138.
- Fomicheva E. *J Phys Conference Series*. 2013, **461**, 012018.
- Godzhaev E.M., Magerramov A.M., Zeinalov Sh.A., Osmanova S.S. et al. *Surf Eng Appl Electrochem*. 2010, **46**(6), 615–619.
- Parali L. *J Electrostat*. 2015, **76**, 89–94.
- Kerimov M.K., Kurbanov M.A., Bayramov A.A., Mamedov A.I. *Matrix Active Micro and Nanocomposites Based on the Polymer, Semiconductive and Ferropiezoceramic Materials. Nanocomposites and Polymers with Analytical Methods*. Book 3. Ed. John Cuppoletti. INTECH Open Access Publisher, 2011. P. 375–404.
- Гурбанов М.А., Дадашев З.А., Татардар Ф.Н., Рамазанова И.С. и др. *Transactions of Azerbaijan national academy of sciences. Physics and Astronomy*. 2015, **XXXV**(5), 98–103.
- Functional Fillers for Plastics*. Ed. Marino Xanthos. John Wiley & Sons, Inc., 2006. 451 p.
- Липатов Ю.С. *Физическая химия наполненных полимеров*. М.: Химия, 1977. 308 с.
- Bonincontro A., Cametti C., Di Biasio A. *J Phys D Appl Phys*. 1980, **13**, 1529–1535.
- Егорова Е.И., Коптенармусов В.Б. *Основы технологии полистирольных пластиков*. СПб.: Химиздат, 2005. 272 с.
- Jiang J., Xia Z., Zhang H., Wang Z. *Proc of 9th Int Symp on Electrets*. Shanghai, China, 1996. P. 128–132.
- Mekishev G.A., Yovcheva T.A., Gentcheva E.A., Nedev S.R. *J Electrostat*. 2005, **63**, 1009–1015.
- Galikhanov M., Guzhova A., Efremova A., Nazmieva A. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. 2015, **22**(3), 1492–1496.
- Blythe T., Bloor D. *Electrical Properties of Polymers, Second Edition*. New York. Cambridge University Press, 2005. 480 p.
- Gulyakova A., Frübing P., Gorokhovatskiy Yu.A. *Proc of 14th Int Symp on Electrets*. Montpellier, France, 2011. P. 139–140.
- Erhard D.P., Lovera D., Giesa R., Altstädt V. et al. *J Polym Sci Pol Phys*. 2010, **48**, 990–997.
- Zweifel H., Maier R.D., Schiller M. *Plastics Additives Handbook*, 6th edition, Carl. 2/3. 2008. 451 p.
- Viraneva A., Yovcheva T., Bodurov I., Galikhanov M.F. *Bulgarian Chemical Communications*. 2013, **45**(Special Issue B), 73–76.
- Bodurov I., Yovcheva T., Sainov S. *Colloid Polym Sci*. 2014, **292**(11), 3045–3048.

Поступила 01.08.16

После доработки 01.12.16

Summary

The electret properties of polystyrene composites with titanium dioxide have been studied. Optimal parameters were defined for manufacturing of corona electrets based on polystyrene. The introduction of 2–10 vol.% titanium dioxide to polystyrene resulted in better electret performances due to an increased portion of the polymer macromolecules with reduced mobility, appearance of interphase polarization and formation of high-energy traps at a polymer-filler interphase boundary. The thermal stability of the electret properties significantly increased for titanium dioxide-filled polystyrene.

Keywords: electret, polymer composite, polystyrene, titanium dioxide.