

В.В.Лаврентьев.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар

## ДЕПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ

Полимерные пленки и широко используются в радиоэлектронной промышленности в виде гибких печатных плат, гибких печатных соединительных кабелей, защитных лаковых покрытий, всевозможных изоляторов и т.д. При этом от их качества и степени дефектности во многом будет определяться и надежность работы самой радиоэлектронной аппаратуры.

Считается [1], что способность воспринимать и накапливать заряды статического электричества является отрицательным свойством полимерных пленочных материалов и покрытий на их основе, ухудшающим технологические, эксплуатационные и гигиенические свойства. С другой стороны, повышенная стабильность сохранения электрических зарядов на поверхности полимерных пленок во времени, т.е. малая релаксация зарядов, является необходимым условием для изготовления из них электретов.

Анализ литературных данных показывает, что в основном работы по изучению способности полимеров к электризации ведутся в двух направлениях: с целью получения полимеров, способных как можно дольше сохранять на своей поверхности заряды и с целью получения изделий из полимеров, обладающих пониженной электризуемостью. Вместе с тем, способность полимеров к электризации можно использовать как метод неразрушающего контроля для оценки структурных превращений, происходящих при действии на них различных дестабилизирующих факторов, например, агрессивных сред, активных добавок, пластификаторов, ионизирующих излучений и т.д.

Для изучения электростатических свойств на пленочные образцы методом зарядки в поле коронного разряда постоянного тока разной полярности, переменного тока, трением, помещением между плоскими электродами, подключенными к источнику высокого напряжения наносились электрические заряды и исследовалась кинетика их релаксации. Во всех случаях характер спада величины заряда со временем имел однотипные зависимости, различающиеся временем релаксации заряда. Вид нанесения зарядов не влиял на изменение параметрических зависимостей начальной плотности заряда.

Согласно существующим представлениям [2], уменьшение плотности поверхностного заряда (релаксация электретного состояния) может быть связано с освобождением захваченных носителей зарядов из ловушек, находящихся на различных глубинах. При этом чем глубже находятся ловушки и чем больше их число, тем меньше должна быть скорость уменьшения заряда. В качестве ловушек зарядов могут быть дефекты структуры и границы между аморфной и кристаллической фазами полимера [2]. Исходя из этого можно предположить, что изменение концентрации различного рода дефектов, изменение степени упорядоченности надмолекулярных образований полимера приведет к измене-

нию концентрации и перераспределению ловушек электрических зарядов, что должно отразиться на способности полимера к восприятию и релаксации нанесенных зарядов.

Многочисленные эксперименты по влиянию изменения структурной упорядоченности позволили выявить корреляционные зависимости между степенью дефектности полимерных пленок и их способностью к восприятию электростатических зарядов, послужившие основой ряда неразрушающих методов контроля их эксплуатационных свойств [3]. Так в способе контроля дефектности полимерных материалов] для искусственного создания дефектов образцы в виде пленок поликапроамида ПК-4 толщиной 60 мкм были подвергнуты УФ-облучению от лампы ПРК-7М в течение различных периодов времени (0-60 час). Через каждые 5 часов экспозиции проводилось измерение величины электрической прочности пленок на постоянном токе, концентрации субмикротрещин, и величины напряженности начального электрического поля после нанесения на пленки зарядов.

Изменение значения электрической прочности может косвенно характеризовать изменение степени дефектности полимерной пленки. Как известно, возникновение любых дефектов в объеме полимера (микропоры, микротрещины, неоднородности структуры) способствует развитию в этих дефектах частичных разрядов при приложении к образцу высокого напряжения. Рост интенсивности этих разрядов приводит к необратимым химическим изменениям в структуре полимера и завершается электрическим разрушением образца (пробоем), т.е. чем больше на поверхности образца дефектов, тем больше интенсивность частичных разрядов и тем меньше значение электрической прочности.

Далее, для различных времен экспозиции УФ-облучения строились корреляционные зависимости между величинами остаточного заряда пленки и величиной электрической прочности или концентрацией субмикротрещин.

Как следует из полученных зависимостей, между величинами электрической прочности, характеризующей косвенно дефектность полимера и величиной поверхностного заряда, нанесенного на пленку, имеется прямая корреляционная зависимость  $E_{np} = KU$ , где  $K$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от времени поляризации, напряжения и вида поляризации, времени до измерения зарядов после их нанесения, типа исследуемого полимера. Данный параметр является в каждом конкретном случае постоянной величиной и определяется опытным путем. Таким образом, по изменению значения  $U(Q)$  судят об изменении качества поверхности массивных образцов, например пластин, или дефектности объема в случае пленок или покрытий (например, лаковых).

Общее время, необходимое на проведение операции контроля составляет не более 30-40 секунд, что позволяет отнести предлагаемый способ к разряду экспрессных и неразрушающих методов испытаний. Способ является простым и надежным так как результаты испытаний не зависят от приборных эффектов.

Обнаруженные зависимости между изменением молекулярной подвижности полимеров, фиксируемые по изменению температуры стеклования и величина-

ми начальной плотности электростатических зарядов легли в основу ряда новых методов технологического контроля полимерных пленок и покрытий.

Так, например, если нанести на металлический диск эпоксидную смолу, можно контролировать процесс ее отверждения (см. рис. 1).

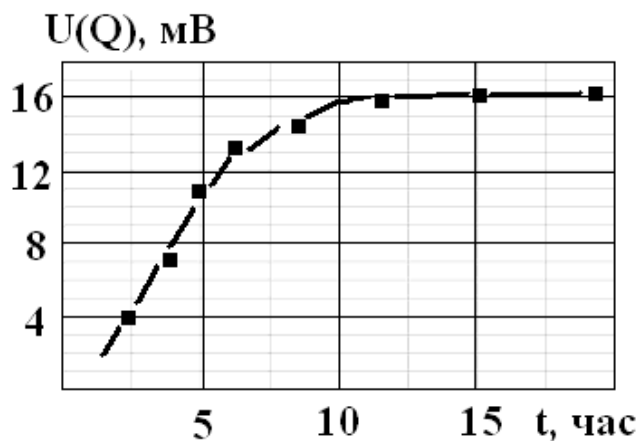


Рис. 1. Влияние времени отверждения на величину начального заряда эпоксидной смолы ЭД- 20

Кинетика отверждения исследовалась на примере эпоксидной смолы ЭД-20. В качестве отвердителя использовался ПЭПА в пропорции 1 часть на 10 частей смолы. После смешивания компонентов вещество наносилось на поверхность диска, вращающегося между коронирующим и измерительным электродом. Чтобы исключить влияние коронного разряда на процесс отверждения, испытания проводили через определенные промежутки времени. Отверждение происходило при комнатной температуре. Параллельно для другой части образцов, отлитых на поверхности металлических пластин проводились измерения  $\text{tg } \delta$  на частоте 1 кГц в интервале температур 293-450 К для нахождения температур стеклования. Исходя из температурных измерений  $\text{tg } \delta$   $T_g$  изменялась от 373 К до 440 К при 0,5 и 20 час отверждения, соответственно.

Как видно из рис. 1, начальная плотность заряда с течением времени изменяется по кривой с насыщением при 10-12 часах. Данный период можно считать окончанием процесса полимеризации данной ЭС.

По всей видимости с ростом степени сшивания ЭС происходит уменьшение сегментальной подвижности и рост величины  $T_g$ . Это пропорционально отражается и на величине  $Q_0$ , что позволяет применить метод деполяризационной релаксационной спектроскопии для контроля процесса отверждения эпоксидных смол, исследовать влияние на данный процесс модифицирующих добавок и режимов отверждения. Так как метод является полностью неразрушающим его можно использовать, например, для контроля процесса отверждения лаковых покрытий на основе ЭС, применяемых в печатных платах радиоэлектронной аппаратуры.

Приведенные данные однозначно свидетельствуют о наличии тесной взаимосвязи между интенсивностью молекулярной подвижности в полимерах и их

способностью к восприятию электростатических зарядов, а метод деполяризационной релаксационной спектроскопии применять в качестве метода анализа дефектности структуры и молекулярных характеристик полимерных пленок и покрытий.

Литература.

1. Василенок Ю.И. Предупреждение статической электризации полимеров. Л.: Химия, 1981, 208 с.
2. Лучейкин Г.А. Полимерные электреты. М.: Химия, 1976, 224 с.
3. Авт. свид. СССР № 947733. Способ контроля дефектности структуры полимерных материалов. // В.В. Лаврентьев. Оpubл. Б.И. 1982, № 2

## РЕГИСТРАЦИОННАЯ ФОРМА

(срок представления – до 15 сентября 2004 г.)

<b>Фамилия, имя, отчество:</b> Лаврентьев Владимир Владимирович
<b>Ученая степень, ученое звание к.х.н., доцент, профессор РАЕ</b>
<b>Учреждение, должность Кубанский государственный уни- верситет, директор филиала в г. Горячий Ключ</b>
<b>Адрес (с индексом)</b>
<b>E-mail kubgu_gk@mail.kuban.ru</b>
<b>Название доклада :</b> ДЕПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ
<b>Название конференции Заочная электронная конферен- ция. 7. Современные разработки в радиоэлектронной про- мышленности.</b>
<b>Оплата целевого взноса участника конференции</b> (сумма, номер платежного документа, дата оплаты) 300 руб. 15.09.2005. Квитанция № 1431609

