

10. «Полимеры. УФ покрытие (I часть): адгезия» // Аналитический портал химической промышленности. http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=1628. Дата обращения: 22.02.2019
11. Елинсон В.М., Щур П.А., Лямин А.Н. // «Параметры рельефа наноструктурированных поверхностей на основе полиэтилентерефталата», Сборник научных трудов «XXII научно-техническая конференция с участием зарубежных специалистов «Вакуумная наука и техника», 2015, с. 187-191
12. Презентация PROTECTGUARD FT / <http://germostroy.ru/looktext/protectguard-ft-test>. Дата обращения: 22.02.2019
13. Энциклопедия полимеров Том 2 Издательство: Советская энциклопедия, Москва, 1974.

Исследование диэлектрических свойств слоистых углеродных структур

В.И.Кузькин, В.М. Елинсон, Ю.А. Якушкин

*Московский Авиационный Институт (Национальный Исследовательский Университет),
Волоколамское ш.,4, г. Москва, 125993, yakushkin927@gmail.com*

В данной работе содержатся исследования диэлектрических свойств пленок на основе полиэтилентерефталата с наноструктурированной поверхностью. Также описаны результаты исследований и произведена корреляция с физико-химическими характеристиками.

Studies on dielectrical properties of laminated PET fibers. V.I.Kuzkin, V.M.Elinson, A.N.Lyamin, U.A.Yakushkin. The study includes research of the dielectric properties of films based on PET with a nanostructured surface. The results of these studies are described and the correlation with the physical and chemical characteristics are made.

В последнее время, благодаря своим ценным качествам, углеродные материалы, а в частности, полимеры и композиты на их основе, нашли широкое применение в электронике, машиностроении, медицине, авиастроении и других отраслях промышленности. Хорошие диэлектрические свойства позволяют использовать их в качестве изоляционных материалов в электротехнических и электронных приборах, а также при изготовлении конденсаторов, несущих элементов, корпусов и т. д.

Широкий диапазон их применения возможен благодаря наличию определенных свойств:

- наличию оптимальных диэлектрических качеств;
- повышенной стойкости к механическим и химическим воздействиям;
- повышенной влагостойкости;
- антибактериальных свойств;
- барьерных свойств.

Для обеспечения необходимых свойств используются методы модификации поверхности материала, сопровождающейся изменением его характеристик.

Одним из таких способов является нанесение тонких наноразмерных покрытий. Покрытия различного состава, нанесенные разными методами, позволяют совершенствовать параметры исходного материала.

Цель работы – исследование влияния модифицирующих фторуглеродных покрытий на диэлектрические свойства углеродных структур.

Для формирования НСП полимерных материалов был выбран полиэтилентерефталат (ПЭТФ, лавсан, PET). Выбор данного материала в качестве объекта

исследований обусловлен его обширным применением в производстве изделий электронной техники, медицине, микроэлектронике.

Наноструктурирование поверхности ПЭТФ осуществлялось направленными ионно-плазменными потоками частиц, обладающих энергией 2-3 кЭв при $r_{\text{раб}} \sim 10\text{-}3$ мм рт. ст.

Для нанесения фторуглеродных пленок использовался один ионный источник, в который подавались одновременно два газа (CF_4 и C_6H_{12}). В зависимости от соотношения их концентрации, создаются покрытия с различным содержанием фтора.

В ранее проведенных исследованиях была изучена и доказана экспериментально способность образцов на основе лавсана приобретать антибактериальные свойства после наноструктурирования поверхности. Можно сказать, что благодаря использованию модифицирующих пленок открываются широкие возможности создания новых перспективных материалов для медицины и биомедицинской технологии и техники.

В данной работе приводится описание работы и анализ эмпирических данных, полученных в рамках исследования диэлектрических свойств НСП ПЭТФ, в целях выявления модели поведения образцов в переменном электрическом поле.

В ходе экспериментов исследовались такие параметры материалов, как тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ и электрическая емкость имеющихся образцов.

Измерения проводились на установке, состоящей из измерителя иммитанса E7-20 с применением зажима, на прижимающих поверхностях которого установлены два круглых плоских металлических электрода. В ходе эксперимента между ними помещался образец и замерялись значения емкости полученной конденсаторной структуры и тангенса угла диэлектрических потерь материала. Всего в исследованиях участвовало 7 образцов: один, представленный немодифицированной пленкой ПЭТФ и 6 модифицированных наноразмерными фторуглеродными покрытиями с различным содержанием CF_4 .

Центральным звеном установки является измеритель иммитанса E7-20. В основу работы прибора положен метод вольтметра-амперметра. В основу работы прибора положен метод вольтметра-амперметра. Он заключается в измерении тока, проходящего через измеряемый объект, и падения напряжения на нем. С помощью полученных значений программная часть аппарата вычисляет сопротивление и проводимость образца.

Напряжение рабочей частоты от генератора подается на измеряемый объект. Преобразователь формирует два напряжения, одно из которых пропорционально току, протекающему через измеряемый объект, другое – напряжению на нем. Отношение этих напряжений равно комплексной проводимости или комплексному сопротивлению объекта.

Измерение отношения напряжений проводится аппаратно-программным логометром. И из соотношений вычисляются емкость и тангенс угла диэлектрических потерь материалов:

$$X = \frac{1}{2\pi fC} \rightarrow C = \frac{1}{2\pi fX}, \quad (1)$$

$$\text{tg}\delta = \frac{1}{Q} = \frac{R}{X} \quad (2)$$

В соотношениях (1) и (2) использованы следующие обозначения:

C – емкость образца;

f – частота сигнала;

Q – добротность измеряемого объекта.

Следующим этапом исследования является обработка полученных результатов и вычисление относительной диэлектрической проницаемости пленок.

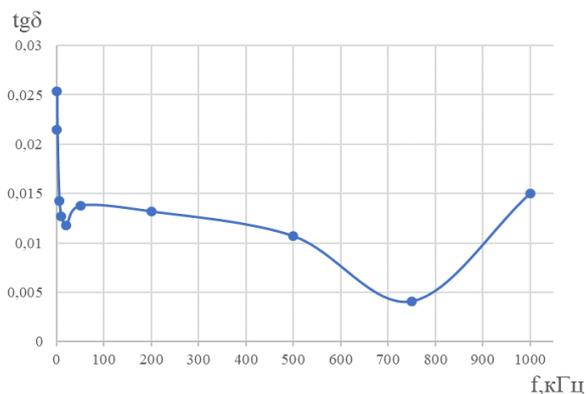


Рис. 1. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь $tg\delta$ от частоты для образцов ПЭТФ, модифицированных в смеси CF_4/C_6H_{12} с содержанием CF_4 – 25%.

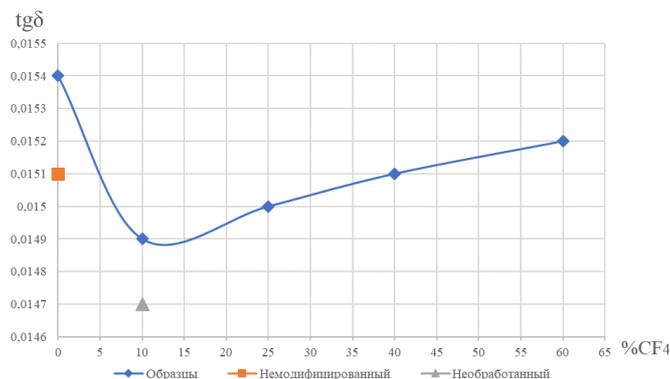


Рис. 2. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь $tg\delta$ образцов ПЭТФ, модифицированных в смеси CF_4/C_6H_{12} от содержания CF_4 при частоте 1 МГц.

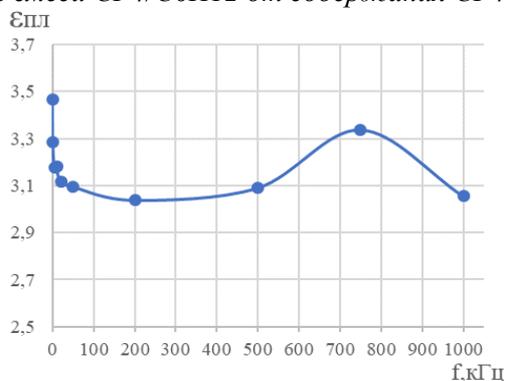


Рис. 3. Зависимость диэлектрической проницаемости ϵ от частоты для образцов ПЭТФ, модифицированных в смеси CF_4/C_6H_{12} с содержанием CF_4 – 25%.

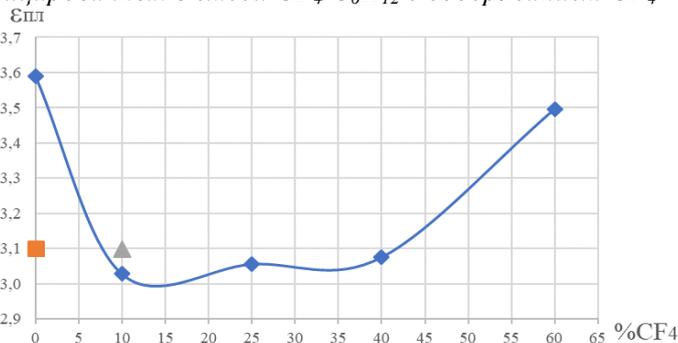


Рис. 4. Зависимость диэлектрической проницаемости $\epsilon_{пл}$ образцов ПЭТФ, модифицированных в смеси CF_4/C_6H_{12} от содержания CF_4 при частоте 1 МГц.

По результатам экспериментов были рассчитаны величины относительной диэлектрической проницаемости и построены графики зависимостей тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости образцов от процентного содержания CF_4 в модифицирующей газовой смеси и частоты.

Возрастание диэлектрических потерь ПЭТФ после обработки высокоэнергетическими ионами и осаждения фторуглеродных пленок на поверхность материала можно объяснить образованием в приповерхностном слое образца крупных зарядовых комплексов. Эти комплексы образуются за счет обрыва наиболее слабых ковалентных связей в молекулах ПЭТФ (C-O и C-C с sp^3 -гибридизацией), а также в C_6H_{12} (C-H с sp^3 -гибридизацией).

Известно, что наиболее прочными являются sp^2 -гибридизованные связи, образующие циклические элементы, а также группы C=O на линейных участках молекул ПЭТФ и циклогексана. Можно предположить, что именно эти связи сохраняются при обработке образца, а разрыв происходит на линейных участках молекул ПЭТФ. Вероятно, в результате циклические группы образуют массивные дипольные группы, поглощающие часть энергии на частотах до 50 кГц.

С повышением частоты внешнего поля влияние вышеописанных зарядовых комплексов ослабевает по причине того, что они не успевают ориентироваться по полю вследствие значительной массы. Но в области от 500 до 1000 кГц тангенс диэлектрических потерь в ПЭТФ уменьшается, что может свидетельствовать о том, что при обработке пленки крупные молекулы полимера в приповерхностном слое раздробились на крупные циклические группы и более мелкие обрывки линейных участков молекул ПЭТФ, обладающих подвижностью большей, чем сами молекулы.

Полученные результаты закрепляют и вычисления относительной диэлектрической проницаемости полученных образцов. Можно сказать, что в области частот 50 кГц и 750 кГц имеются своеобразные максимумы ϵ , свидетельствующие о прекращении влияния отдельных видов поляризации на диэлектрические свойства пленки. В частности, это могут быть дипольно-сегментная поляризация, проявляющаяся на частотах до 10^5 Гц и обусловленная вышеописанными крупными дипольными группами в приповерхностном слое материала, а также дипольно-групповая поляризация, наблюдаемая на частотах до 10^6 Гц, и, вероятно, вызванная сегментами самой подложки ПЭТФ, залегающими в объеме пленки.

Таким образом, можно сказать, что регулируя состав модифицирующей газовой смеси $CF_4 + C_6H_{12}$ возможно добиться необходимых диэлектрических свойств пленки ПЭТФ, включая уровень диэлектрических потерь и величину относительной диэлектрической проницаемости материала.

Выводы:

1. Тангенс угла диэлектрических потерь в модифицированной пленке ПЭТФ в области частот до 50 кГц несколько выше, чем в исходной пленке. С ростом частоты его величина падает и уже в области частот от 500 до 1000 кГц (особенно в районе 750 кГц) значения $tg\delta$ ниже, чем в исходном образце.
2. На частотах до 50 кГц минимальные уровни $tg\delta$ наблюдаются у образцов с 100% C_6H_{12} в модифицирующей газовой смеси. С ростом частоты минимумы проявляются у образцов, обработанных в 10% $CF_4 + 90\% C_6H_{12}$.
3. Относительная диэлектрическая проницаемость модифицированной пленки ПЭТФ в области частот до 50 кГц несколько выше, чем в немодифицированной. Далее с ростом частоты ее величина падает и уже в области частот 500 или 750 кГц проявляется новое падение.
4. Относительная диэлектрическая проницаемость модифицированной пленки ПЭТФ значительно возрастает при содержании 100% C_6H_{12} в газовой смеси.
5. В образцах, обработанных смесями 10% $CF_4 + 90\% C_6H_{12}$, 25% $CF_4 + 75\% C_6H_{12}$, 40% $CF_4 + 60\% C_6H_{12}$ наблюдается снижение ее величины относительно чистого ПЭТФ. Особенно явно этот эффект прослеживается в областях, 200 и 1000 кГц, в районе же 750 кГц проявляется увеличение проницаемости при любом соотношении компонентов модифицирующей смеси.

Литература

1. Федорова С. С. Модификация электрофизических свойств пленки полиэтилентерефталата ионно-плазменным осаждением наноразмерных покрытий на основе углерода//Москва, ГОУ ВПО «МАТИ», 2005, 140 стр. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.
2. Митькин В. Н. Обзор типов неорганических полимерных фторуглеродных материалов и проблем взаимосвязи их строения и свойств // Журнал структурной химии, Т.44 - №1, 2003.
3. K. Williams, K. Gupta, M. Wasilik. Etch Rates for Micromachining Processing – Part II //J. Microelectromech. Syst., vol. 12, 2003.
4. Sascha Peters. Material Revolution 2: New Sustainable and Multi-Purpose Materials for Design and Architecture//Walter de Gruyter, 224p. 2014.

Формирование многофункциональных тонкопленочных покрытий на гибкой полимерной рулонной основе

В.К.Перешивайлов, *Н.Н.Щербакова, Д.К.Мальчиков, Н.М. Сучилина
Саратов ООО НЭСК E-mail: vitperes@mail.ru
***Саратов, СГУ имени Н.Г. Чернышевского, ул. Астраханская, 83**
E-mail: (nn-sar@mail.ru)

Нанесение покрытий наноразмерной толщины вакуумным способом на гибкую рулонную полимерную основу позволяет создать электроуправляемые оптические устройства с меньшим энергопотреблением, чем жидкокристаллические панели. Способ позволяет получать многослойные покрытия на металлической фольге, стекле, полимерных пленках, нетканых нановолокнистых материалах на основе фторопласта, полианилина, полиамида и др. При использовании двух распылительных устройств, слои разного состава могут перемежаться. Полученные пленки многофункционального назначения применимы в стеклопакетах, возможна наклейка на уже существующие стеклянные изделия, использование в интерьерах, остекление транспорта. Приведены технические характеристики вакуумной установки для нанесения тонопленочных покрытий.

Formation of multifunctional thin-film coatings on a flexible polymer roll base.
V.K.Pereshivailov, N.N.Shcherbakova, D.K.Malchikov, N.M.Suchilina. *Vacuum coating of nanoscale thickness on a flexible roll polymer base allows to create electrically controlled optical devices with lower power consumption than liquid crystal panels. The method allows to obtain multilayer coatings on metal foil, glass, polymer films, nonwoven materials, nanofiber materials on the basis of Teflon, polyaniline, polyamide, etc. When using two spray devices, layers of different composition can be interspersed. The films are multi-purpose- applicable in the glazing, it is possible to label existing glass product, to use them in interiors, glass transport. The technical characteristics of the vacuum installation for the application of thin-film coatings are given.*

Поставленная в работе научно-техническая задача, направлена на создание электрохромных управляемых оптических устройств (ЭУОУ) широкого промышленного назначения на основе проводящих полимерных материалов, для применения в стеклах с регулируемым затемнением (СРЗ).

ЭУОУ возможно использовать для регулирования количества света и тепла, проходящего через окна, в автомобильной индустрии для автоматического затемнения зеркала заднего вида автомобиля при различном освещении и др. т.к. обеспечивают видимость даже в затемненном состоянии, сохраняя визуальный контакт с внешней средой. Известны