

УДК 691.175.5/.8

ИМПЕДАНСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИМЕРОВ

Ситникова А.О. (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Научный руководитель – доцент, кандидат физико-математических наук,
Капралова В.М.

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Введение. Различные полимерные материалы широко распространены в окружающем мире и обладают рядом уникальных свойств, благодаря которым находят применение во многих отраслях промышленности. В частности, сополимер поливинилиденфторида с трифторэтиленом (ПВДФ-ТФЭ) является биосовместимым материалом, проявляющим пьезоэлектрические свойства, что позволяет использовать его в медицинских целях [1]. Исследования диэлектрических характеристик полимера методом импедансной спектроскопии позволяют сделать выводы о происходящих в нем релаксационных процессах, в том числе и о молекулярной подвижности. Кроме того, такое исследование дает возможность построить годографы, по которым составляются эквивалентные электрические схемы, наглядно иллюстрирующие принципиальные изменения, происходящие в структуре полимера вследствие воздействия на него различных внешних факторов [2]. При этом модификация свойств исходного полимерного материала путем его покрытия электропроводящими полимерами позволяет существенно расширить потенциальные возможности практического использования получаемого композита [3]. Поэтому целью данной работы являлось исследование частотных зависимостей диэлектрических характеристик сополимера ПВДФ-ТФЭ, синтезированного в виде волокон и модифицированного полипирролом (ППир), в зависимости от кислотности среды, а также построение годографов и составление эквивалентных схем для исследованных образцов. В дальнейшем результат работы может быть использован для усовершенствования состава материала с целью применения его в сенсорах, реагирующих на изменение кислотности среды.

Основная часть. В проведенном исследовании использовались волокна сополимера ПВДФ-ТФЭ, полученные методом электроспиннинга из 15% раствора данного материала и смеси растворителей: N-диметилформамида и ацетона в соотношении 6:4. В ходе эксперимента поверхность сополимера была покрыта полипирролом методом полимеризации *in situ* в кислой среде. С помощью измерителя иммитанса E7-20 были экспериментально исследованы диэлектрические характеристики в диапазоне частот от $f=120$ Гц до $f=1$ МГц как для исходного сополимера ПВДФ-ТФЭ, так и для композитов, полученных после его модификации ППир. Для получения данных о влиянии значений pH среды на свойства композита исследуемые образцы выдерживались в растворах аммиака (NH_4OH , $\text{pH}=11.2$) или соляной кислоты (HCl , $\text{pH}=1.6$) в течение суток, а затем высушивались при комнатной температуре в течение двух суток. Было проведено по три серии измерений для каждой характеристики с целью повышения точности получаемых данных. В результате были получены частотные зависимости ёмкости (C) ячейки с образцом, тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$), модуля импеданса ($|Z|$) и фазового угла (φ) для исходного образца и двух образцов модифицированного композита после их выдержки в средах с различным значением кислотности. На основании экспериментальных данных для всех исследованных образцов была вычислена диэлектрическая проницаемость, а также построены и проанализированы годографы.

Выводы. Проведены экспериментальные исследования и анализ диэлектрического отклика волокон сополимера ПВДФ-ТФЭ, модифицированных полипирролом, на среды с различным значением кислотности. Обнаружено, что варьирование значения pH среды приводит к

изменению как значений диэлектрических характеристик исследованного композита, так и характера их частотных зависимостей. На основе анализа полученных результатов сделаны выводы о возможных причинах обнаруженных изменений параметров исследованных образцов.

Список использованных источников:

1. Kucinska-Lipka J., Gubanska I., Janik H., Sienkiewicz M. Fabrication of polyurethane and polyurethane based composite fibres by the electrospinning technique for soft tissue engineering of cardiovascular system. – Gdansk University of Technology, Chemical Faculty, Department of Polymer Technology. – 2015. – P. 170-171.

2. Буянова Е.С., Емельянова Ю.В. Импедансная спектроскопия электрохимических материалов // Учебное пособие. – 2008. – С. 10-21.

3. Капралова В.М., Сапурина И.Ю., Сударь Н.Т., Третьяков А.А., Gryshkov O., Glasmacher V. Импедансная спектроскопия электропроводящих композиционных материалов на основе микроволокон сополимера поливинилиденфторида с трифторэтиленом, модифицированных полипирролом // Письма в журнал технической физики. – 2021. – Т. 47. – Выпуск 1. – С. 51-54.