

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПЕРФТОРСУЛЬФОНОВЫХ МЕМБРАН

Н.А. Лапатин¹, Е.А. Карулина², Р.А. Кастро²

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»; ПРОМТЕХДИЗАЙН
191186, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 18

²ФГБОУ ВО РГПУ им. А. И. Герцена, РГПУ им. А. И. Герцена
191186, г. Санкт-Петербург, Наб. реки Мойки, д. 48

Аннотация. Были исследованы полимерные материалы на основе перфторсульфоновых мембран при введении примеси металлов тербия и европия (EuCl_3 и TbCl_3) методом диэлектрической спектроскопии. Выявлены влияние частоты приложенного электрического поля на диэлектрическую проницаемость материалов и наличие максимумов потерь, что свидетельствует о существовании релаксационных процессов различной природы.

Ключевые слова: полимер, перфторсульфоновые мембранны, диэлектрическая спектроскопия, релаксация, тербий, европий.

Введение

Улучшение транспортных характеристик мембранны MF-4SK модифицированной со-лями редкоземельных элементов (РЗМ) и расширение температурного диапазона ее эксплуатации возможны после установления механизмов электропереноса и оценки роли различных факторов (природы и количества допанта и т.д.) в обеспечении процессов ионного транспорта. Целью данной работы явилось установление особенностей поляризационных процессов в мембране и их связь со структурой системы РЗМ - мембрана.

Материалы и методы

Объект исследования – перфторсульфоновая мембрана- MF-4SK (АО «Пластполимер»), толщиной 215.0 ± 0.5 мкм и площадью ~ 2 см².

1. Подготовка мембран к исследованию (предварительная очистка и модификация мембран).
2. Спектрофотометрия, Фурье-ИК-спектроскопия на Фурье-спектрометре ФСМ-1202 в диапазоне 400-5000 см⁻¹ с приставкой МНПВО.
3. Диэлектрическая спектроскопия на спектрометре «Concept-81» (температурно-частотные зависимости диэлектрических параметров, интервал частот $f=1 - 10^7$ Гц и температур $T=293 - 403$ К (точность 0.5 К), измерительное напряжение, подаваемое на образец, составило 1.0 В) - ЦКП диэлектрической спектроскопии РГПУ им. А.И. Герцена).

Результаты исследования

Обнаружены дисперсия диэлектрической проницаемости и наличие максимумов потерь, свидетельствующих о существовании релаксационных процессов различной природы (рис.1). Для всех исследуемых систем обнаружена степенная зависимость удельной проводимости от частоты и уменьшение показателя степени с ростом температуры. Изменение величины диэлектрической проницаемости и удельной проводимости при легировании слоев Nafion ионами (Tb^{3+} , Eu^{3+}).

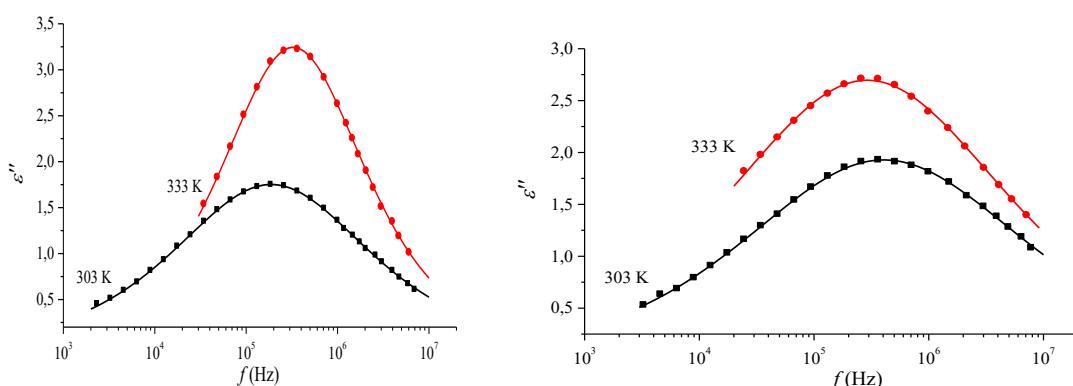


Рис.1 Частотная зависимость фактора потерь слоев Nafion и Nafion + Tb при двух температурах

Заключение

Для исследованных систем было обнаружено, что чистые мембранны Nafion характеризуются значениями релаксационных параметров, соответствующими симметричному распределению релаксантов по времени релаксации. Допирование мембран ионами (Tb^{3+} , Eu^{3+}) приводит к асимметричному характеру распределения релаксантов.

Обнаруженная степенная зависимость удельной проводимости от частоты характерна для классического скачкообразного механизма переноса заряда. Показано, что для всех трех систем (мембрана и модифицированные мембранны) перенос заряда является термически активируемым процессом. Введение в мембрану допантов влияет на спектр релаксаторов и характер релаксационных процессов.

Благодарности. Исследование выполнено за счёт внутреннего гранта РГПУ им. А. И. Герцена 87-ВГ.

Список литературы

1. Malyshkina I.A. Dielectric spectra and conduction effects in sulfonated polytetrafluoroethylene (Nafion) in the non-swollen state / I.A. Malyshkina, S.E. Burmistrov // Bulletin of the Moscow University. Physics. Astronomy. – 2006. – 2. – 54-57. ISSN: 0579-9392.
2. Yaroslavtsev, A. B., Nikonenko V. V. Ion-exchange membrane materials: Properties, modification, and practical application /A.B. Yaroslavtsev, V.V.Nikonenko // Nanotechnologies in Rus. – 2009. – 4. – 3-4. – 137-159. <https://doi.org/10.1134/S199507800903001X>.

ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF POLYMER SYSTEMS BASED ON PERFLUOROSULFONE MEMBRANES

N.A. Lapatin¹, E.A. Karulina², R.A. Castro²

¹Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
18, st. B. Morskaya, St. Petersburg, 191186, Russian Federation

²The Herzen State Pedagogical University of Russia Herzen University
48, Moika River Embankment, St. Petersburg, 191186, Russian Federation

Abstract. Polymer materials based on perfluorosulfone membranes were studied with the introduction of impurities of metals terbium and europium (EuCl_3 and TbCl_3) by dielectric spectroscopy. The dispersion of the permittivity and the presence of maxima, corresponding to losses, were revealed, which indicates the relaxation processes of various nature existed.

Keywords: polymer, perfluorosulfone membranes, dielectric spectroscopy, relaxation, terbium, europium.

Материалы представлены на Международной научно-практической конференции «Современные подходы и практические инициативы в инженерных науках» (г. Казань, 2-3 октября 2025 года).

Статья представлена в редакцию 15 августа 2025 г.