

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСАДКИ НА РАЗМЕРЫ ПОР ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН

В. М. Станкевич, В. П. Селькин, Ю. М. Плескачевский

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», Гомель, Беларусь; stankevich_v@mail.ru

Введение

Фильтрация представляет собой эффективный путь достижения чистоты технологических сред [1]. Среди фильтрующих материалов, используемых в этом процессе, важное место занимают трековые мембраны (ТМ), изготавливаемые облучением полимерных пленок (полипропилен, полиэтилентерефталат, поликарбонат) пучком заряженных частиц и последующим химическим травлением материала области треков этих частиц до получения сквозных пор [2, 3]. Основными отличительными свойствами трековых мембран являются малая толщина, высокая селективность разделения и легкость регенерации. Это обуславливает их широкое применение в электронной промышленности, медицине, биотехнологии и других областях техники и народного хозяйства. Однако производство ТМ обладает рядом отличительных особенностей. Параметры процесса травления, в частности, полипропиленовых ТМ характеризуются средней радиальной и продольной скоростями травления треков, а также скоростью травления необлученного полимера [4]. Получение ТМ с улучшенными свойствами достигается лишь в том случае, если химическое травление выполняется при повышенной температуре. Однако при температуре выше 100 °С резко снижается избирательность процесса, что приводит к ухудшению структурных характеристик мембран.

Целью настоящей работы является оценка методами АСМ и РЭМ влияния температурных параметров травления на форму и размеры пор полипропиленовых трековых мембран.

Методика проведения эксперимента

В качестве объекта исследований была выбрана ориентированная полипропиленовая (ПП) пленка “Togafan” производства фирмы “Togay” (Япония) с номинальной толщиной 10 мкм, состоящая из изотактического полимера. Плотность материала пленки составляет около 0,92 г/см³, что соответствует 80% степени кристалличности. Облучение полипропиленовой пленки ускоренными ионами проводили в вакууме на циклотроне У-400 Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова Объединенного института ядерных исследований. Условия облучения приведены в [5]. Использовали пучки ионов ксенона с энергией ~1 МэВ/нуклон. Энергия ионов была достаточной для создания сквозных треков в исследуемой пленке. Флюенс ионов варьировали в пределах 10⁶ - 10⁹ ионов на см². После облучения образцы хранили на воздухе при обычных условиях. Травление до образования сквозных пор проводили по методике, описанной в [4].

Диаметр пор на поверхности мембран определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610LV (JEOL). Исследование топографии исходных пленок, а также диаметра пор ТМ проводилось с помощью экспериментального комплекса на базе атомно-силового микроскопа (АСМ) NT-206. Газопроницаемость мембран (поток воздуха, прошедший через мембрану) измеряли при заданном перепаде давления, из величины которой по соответствующей программе [6] рассчитывали эффективный диаметр пор. Погрешность при определении эффективного диаметра пор не превышала 3%.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Проведенные в работе исследования подтверждают, что термическая усадка полипропиленовой ТМ в процессе травления в растворителе, нагретом до определенной температуры (ниже температуры плавления кристаллической фазы полипропилена), форму и размеры пор. На рис. 1 представлены результаты электронно-микроскопических исследований поверхности полипропиленовых трековых мембран, травление которых проводили в растворителе при температуре 60 – 100 °С (рис. 1а) и выше 100 °С (рис. 1б). Из рис. 1б следует, что овальность пор связана с неравномерностью термической усадки полимерной пленки в продольном и поперечном направлениях, которая составляет соответственно 2,3 и 1,6 раза.

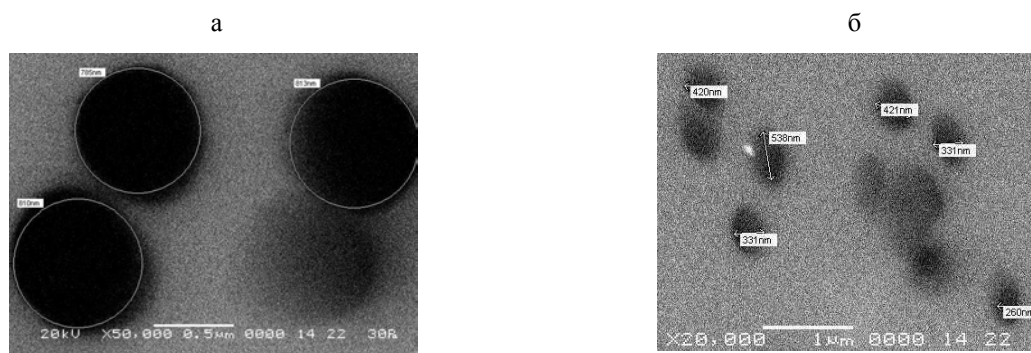


Рис. 1. РЭМ-изображение полипропиленовой ТМ после травления в растворителе при температуре 60 – 100 °С (а) и выше 100 °С (б)

Параллельно с РЭМ были проведены сравнительные АСМ-исследования ТМ, обработанной при температуре 60 - 100 °С (рис. 2) и выше 100 °С (рис. 3).

Из сравнения результатов, полученных двумя методами, установлено следующее. Отклонение результатов метода РЭМ от расчетных данных по газопроницаемости (диаметр пор – 700 нм) значительно больше, чем метода АСМ (диаметр пор составляет 802 и 683 нм, соответственно). По-видимому, превышение значений, регистрируемых с помощью РЭМ, над значениями расчетного эффективного диаметра вызваны конусностью формы пор на поверхности.

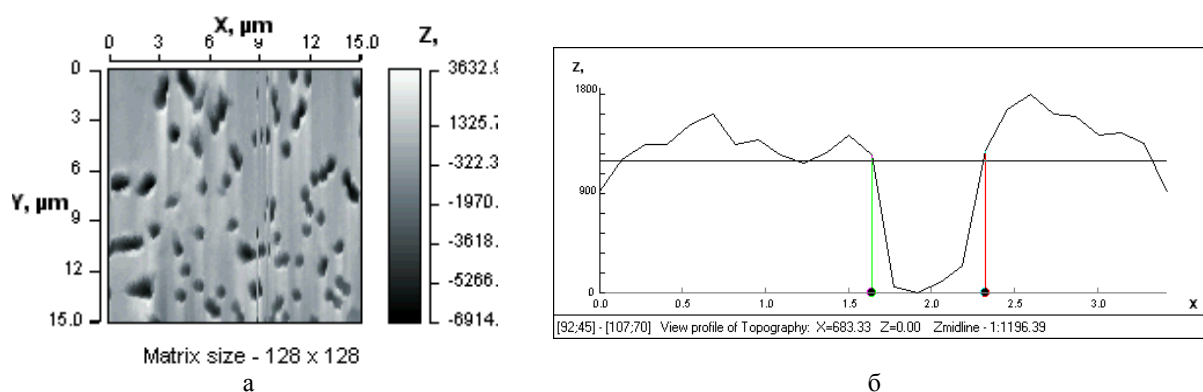


Рис. 2. АСМ- изображение (а) и поперечный профиль средней по величине поры (б) полипропиленовой ТМ после травления в растворителе при температуре 60–100 °С

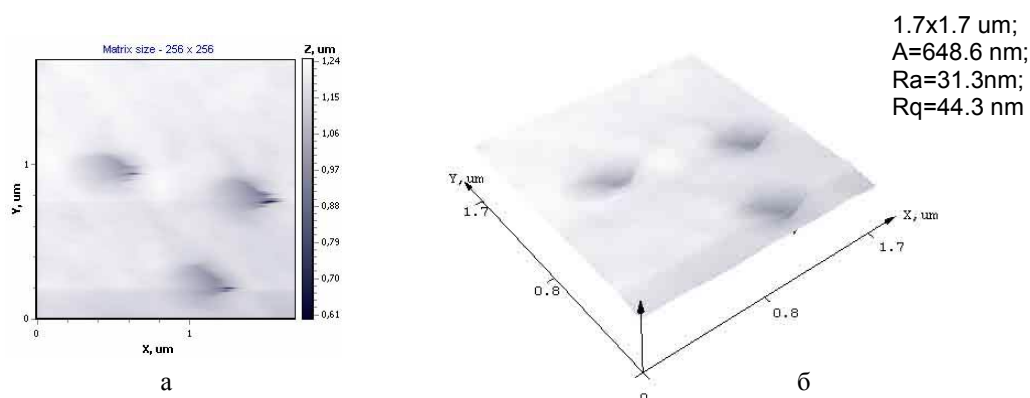


Рис. 3. Двумерное (а) и -трехмерное (б) АСМ-изображения полипропиленовой ТМ после травления в растворителе выше 100 °С

Выводы

- При производстве полипропиленовых ТМ необходимо учитывать влияние температурных режимов на изменение формы и размера пор.
- Использование предварительной ориентации полимерной пленки при производстве ТМ дает возможность направленного регулирования эффективного диаметра и формы пор.
- Использование метода АСМ наряду с методом РЭМ позволяет учитывать форму каналов пор и топографию поверхности ТМ в целом.

Литература

1. Брок Т. Мембранная фильтрация / Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 462 с.
2. Catalog Lab. 50. Nuclepore Corporation. Pleasanton. 1980. P. 1-88.
3. Флеров Г.Н. // Вестн. АН СССР. 1984. № 4. С. 35.
4. Кравец Л.И., Дмитриев С.Н., Апель П.Ю. // Сообщ. ОИЯИ Р18-2000-114, Дубна.
5. Апель П.Ю., Кравец Л.И., Кузнецов В.И., Дидык А.Ю. // Химия высоких энергий. 1989. Т. 23, № 4. С. 327.
6. Овчинников В.В., Селезнев В.Д. // Измерит. техника. 1989. № 3. С. 12.