

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОР В ПЛЕНКАХ ПЭТФ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ

Копцев М.О., Чинзориг С., Головков В.М.

Научный руководитель: Сохорева В.В. старший научный сотрудник ФТИ НИ ТПУ  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: sokhoreva@tpu.ru

Процесс формирования трековой мембраны (ТМ) с четко регулируемыми порами происходит при ионной бомбардировке полимерных пленок с последующим химическим травлением поврежденной области. Как правило, пленки подвергаются облучению тяжелыми ионами такими как Ar, Kr, Xe в вакуум-ной камере [1-2]. При этом, существуют определенные ограничения пористости ТМ: площадь пор при диаметрах (0,2-0,4) мкм не должна превышать 20% от всей площади ТМ, так как от этого зависит её прочность и возможность эксплуатации. Кроме того из-за больших потерь энергии тяжелых ионов, даже при высоких  $>180$  МэВ, пробег ионов, а следовательно и толщина сформированной мембраны не превышает  $\sim 20$  мкм. Это, в свою очередь, ограничивает её применение.

Данная работа посвящена исследованию возможности увеличения пористости ТМ при уменьшении диаметров пор, а также увеличения её толщины. Целью работы является исследование возможности применения пучков высокоэнергетических альфа-частиц и протонов для получения прочной ТМ толщиной более 50 мкм и пористостью  $1 \cdot 10^{13}$  пор/см<sup>2</sup>, а также изучение физико-химических процессов формирования треков высокоэнергетических альфа-частиц и протонов, при облучении полимера на воздухе, разработка технологии синтеза ТМ.

Авторами были проведены исследования процессов формирования пористой структуры ТМ, при облучении различных полимерных пленок ионами  ${}^4_2\text{He}$  с энергией  $-28$  МэВ и ионами  ${}^1_1\text{H}$  с энергией  $-6, 7$  МэВ [3]. Для этого двухосно-ориентированные пленки ПЭТФ и полипропилена высокого давления (ПП) толщиной 50 мкм помещали в специальный контейнер и закрепляли на валу перед выходным окном ускорителя, практически вплотную. Облучение проходило на выведенном в воздух пучке ионов, образец при облучении вращался со скоростью 60 об/мин. Между поверхностью облучаемого образца и выходным окном ускорителя ( $T_i - 40$  мкм) было расстояние в 1см воздуха. Потери энергии  $dE/dx$  и проецированные пробеги  $R$  в  $T_i$  и в воздухе для ионов гелия и протонов рассчитывались по формуле Бете – Блоха [4]; Для уточнения правильности расчетов пробегов и потерь энергии использовалась программа SRIM [5].

Травление облученных образцов полимеров, для создания сквозных пор, проводилось при воздействии электрического поля в ультразвуковой ванне в щелочных и кислотных растворах с добавлением катализаторов. Концентрация растворов контролировалась автоматическим титратором Mettler Toledo T50. Измерение электрического сопротивления пленок до и после облучения проводилось с помощью импедансметра –ZIVE sp2, изменение оптической плотности определялось при помощи спектрофотометра ССП-310. Состояние поверхности и определение числа и размера пор осуществлялось с помощью атомно-силового микроскопа NT-МДТ и растрового электронного микроскопа Hitachi -1000 .

Измерение проницаемости ТМ по азоту показали следующие результаты: (75,7 -120,2)  $\pm 5\%$  для ТМ, облученных ионами He и (97,5-157,4)  $\text{дм}^3/\text{мин} \cdot \text{см}^2$ .

Был проведен эксперимент по обессоливанию модельного раствора морской воды « Красного моря» на экспериментальном стенде с синтезированной ТМ, облученной ионами  ${}^1_1\text{H}$ . Из- за большой толщины исходного полимера, после травления поры, как показали микроскопические исследования, имеют разные диаметры на входе и выходе ионов в полимере, т.е. возникает асимметрия пор, коэффициент разделения ионов Na и Cl в этом случае был 2,35.

Исследование финансируется за счет гранта ГЗ “Наука” 3.8173. 2017/Б4.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Apel P. Track etching technique in membrane technology //Radiation Measurements. – 2001. – Т. 34. – No. 1. – С. 559-566.
2. Ярославцев А. Б. Мембраны и мембранные технологии //М.: Научный мир. – 2013. – С. 126-163.
3. Головков В.М., Сохорева В. В. // Мембраны и мембранные технологии. 2012. Т. 2. № 2. С. 119.
4. Немец О.Ф., Гофман Ю.В. // Киев:”Наукова Думка”.1975 .413 с.
5. J.F. Zigler, M.D. Zigler, J.P. Biersack //Inst. Meth. Phys. Res. B. 2010. V. 268. P. 1818.