

- electrospun membranes for direct contact membrane distillation // Journal of Membrane Science. – 2013. – V. 428. – P. 104-115. doi:10.1016/j.memsci.2012.10.061.
8. Cho E., Kim C., Kook J.-K., Jeong Y.I, Kim J.H., Kim Y.A., et al. Fabrication of electrospun PVDF nanofiber membrane for Western blot with high sensitivity // Journal of Membrane Science. – 2012. – V. 389. – P. 349-354. doi:10.1016/j.memsci.2011.10.047.
  9. Oliveira J.E., Mattoso L.H.C., Orts W.J., Medeiros E.S. Structural and morphological characterization of micro and nanofibers produced by electrospinning and solution blow spinning: A comparative study // Advances in Materials Science and Engineering. – 2013. – V. 2013. doi:10.1155/2013/409572.

### **Радиационно–химическая и термическая прививка тонких пленок ПВДФ для функциональной мембраны**

Иль А.П., Дюсембекова А.А.  
nastya\_111993@mail.ru

*Научный руководитель: с.н.с Сохорева В.В., НИ ТПУ*

Проведена термическая полимеризация стирола, сорбированного в пленку ПВДФ из толуольного раствора, с последующим сульфированием полученного материала.

В работе исследовались закономерности радиационно-химической и термической прививки для тонких пленок ПВДФ. Показано, что объединение процессов образования свободных радикалов и прививки мономера позволяет значительно улучшить параметры функциональной мембраны и сократить время эксперимента.

**Ключевые слова:** протонообменные мембраны, термическая полимеризация стирола, радиационно-химическая полимеризация.

**Введение:** Протонпроводящие мембраны для твердотельных топливных элементов должны удовлетворять определенным требованиям: во-первых высокой протонной проводимостью химической стойкостью способностью работать при повышенных температурах.

Применяемые в настоящее время перфторсульфоновые мембраны «Нафийон» (фирма DuPont, USA) удовлетворяют этим требованиям, однако имеют ограничения по температуре (их температурный диапазон ограничен 90<sup>0</sup>С), кроме того их коммерческая цена достаточно высокая.

В связи с этим актуальными являются синтез и исследования новых термически устойчивых и более дешевых мембран. Альтернативным аналогом могут быть полимерные мембраны (ПОМ) из поливинилиденфторида (ПВДФ), модифицированного радиационно-химическим путем. Для этого полимеру необходимо придать протонопроводящие свойства так как в обычном состоянии ПВДФ является диэлектриком и проводимостью не обладает [2].

Работа посвящена исследованию процессов радиационно-химической и термической модификации ПВДФ для формирования в нем протонопроводящих свойств.

**Материалы:** ПВДФ, Фторопласт 2М 20 мкм, стирол, толуол.

**Эксперимент:** Исследования проводились как с образцами ПВДФ облученными ионами гелия с энергией 28 МэВ, так и с образцами ПВДФ не облученными ионами. Все облучения проводились на выведенном в воздух пучке ионов ускорителя Р-7М ФТИ ТПУ. Исходные полимерные пленки из ПВДФ толщиной 20 мкм вырезались диаметром 60 мм и помещались в специальный держатель из которого откачивался воздух затем в контейнер напускался прививочный раствор стирола с толуолом в соотношении 1:1. Раствор предварительно барботировали азотом. Перед заполнением контейнеров раствором проводились исследования влияния скорости пропускания азота через раствор и определялось минимальное количество остаточного кислорода предварительно барботировали азотом, чтобы исключить нежелательное присутствие кислорода. Дополнительно провели такой анализ с аргоном. Эти газы активно вытесняют кислород из раствора. На рисунке 1 представлена зависимость содержания кислорода от времени барботирования.

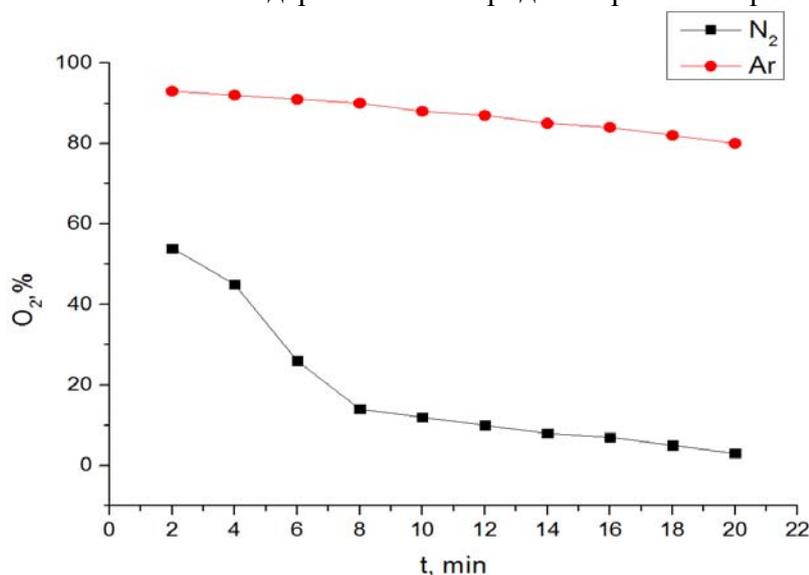


Рис. 1. Влияние времени барботирования аргона и азота на концентрацию кислорода в прививочном растворе

Барботирование газами проводилось в течение 20 мин. Замещение кислорода в растворе азотом происходит быстрее, нежели с аргоном. Ввиду того, что плотность у аргона меньше, чем у азота, соответственно содержание его в воздухе меньше и на удаление кислорода нужно израсходовать большое количество. В итоге азот при контакте с воздухом поглощает из него кислород, при этом плавится, образуя раствор кислорода в азоте.

Затем контейнеры с образцами облученными ионами помещались в термостат и выдерживались при температуре 60<sup>0</sup>С в течение 8 часов. Другая часть образцов необлученная, так же помещенная в контейнеры с прививочным раствором выдерживалась в термостате при температуре 90<sup>0</sup>С 20 часов.

В процессе облучения в полимерной матрице образуются свободные радикалы, далее при термическом воздействии, в присутствии стирольного раствора, происходит пришивка к полимерному скелету матрицы боковых подвесок, к которым при сульфировании должны прикрепиться сульфогруппы -SO<sub>3</sub>H. После прививки контейнеры разгерметизировались, образцы полимеров

тщательно промывались для удаления с поверхности остатков стирола и проводились гравиметрические измерения [1].

Промытые и просушенные полимерные матрицы взвешивались и затем помещались на час в дистиллированную воду и снова взвешивались. По разнице в весе можно судить о гидрофильности облученных полимерных образцов. Весь цикл облучения и химической обработки занял более 60 часов.

После внедрения стирола мембраны промывались толуолом и высушивались при 90°C на воздухе до постоянной массы.

Степень прививки определяли по гравиметрическому (весовому) методу по формуле:

$$R_g = \frac{W_f - W_i}{W_i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

Где:  $W_f$  и  $W_i$  - масса полимерной пленки после и до прививки, г.

**Результаты и обсуждения:** В целом, развитие представлений о селективных и «дальнодействующих» эффектах на ранних стадиях радиационно-химических превращений макромолекул не только представляет фундаментальный научный интерес, но и является основой для формулировки новых принципов радиационной стабилизации и радиационного модифицирования полимерных систем. Речь может идти о подходах, использующих достаточно низкие дозы облучения и малые концентрации добавок или химически модифицированных звеньев, введенных в определенное положение. В таблице 1 представлены результаты гравиметрических исследований.

Радиационно-химическая полимеризация			Термическая полимеризация				
№	Масса исх. ПВД Ф,г	Масса после облучени я, г	Выход привив ке, %	№	Масса исх. ПВДФ, г	Масса прививочн ого ПВДФ, г	Выход привив ке, %
1	0,204	0,252	23,5	1	0,215	0,218	1,4
2	0,249	0,277	11	2	0,219	0,220	0,5

Таблица 1. Результаты сравнения радиационно-химической и термической полимеризации гравиметрическим методом

**Заключение:** Проведенные исследования показали, что степень прививки мономера стирола к тонким пленкам ПВДФ значительно выше чем в случае термической прививке без облучения. В процессе облучения образуются достаточное количество свободные радикалов к которым происходит боковая пришивка стирола. В случае термической прививке, возможно, требуется значительно больше времени для образования свободных радикалов. Дальнейшие исследования будут посвящены сульфированию образцов ПВДФ привитых

стиролом для придания им протонпроводящих свойств и синтезированию протонпроводящей функциональной мембраны.

#### **Список литературы:**

1. Абдрашитов Э.Ф., Бокун В.Ч., Крицкая Д.А., Сангинов Е.А., Пономарев А.Н., Добровольский Ю.А. Синтез и транспортные свойства протонпроводящих мембран на основе пленок поливинилиденфторида с введенным и сульфированным полистиролом //Электрохимия, 2011, том 47, №4.-С 411-419
2. Головков В.М., Марачковская Ю.В., Сохорева В.В. Исследование кинетики радиационной прививки стирола к Фторопласту-2М при его облучении ионами гелия// Изв.Вузов. «Физика».-2013.-11/3.-Том 56.-С 120-125

#### **Системы естественного освещения для промышленных помещений**

Иванова С.С.  
ivsvser@gmail.com

*Научный руководитель: ассистент каф. ЛиСТ, Коржнева Т.Г., НИ ТПУ*

Промышленное освещение, как большой класс, разделяется на более мелкие типы и подтипы. В зависимости от выполняемых работ, от их точности, производится нормирование освещенности, выбор типа источников света [1]. Условия искусственного освещения на промышленных предприятиях оказывают большое влияние на зрительную работу, физическое и моральное состояние людей, а, следовательно, на производительность труда, качество продукции и производственный травматизм [2]. В металлургической промышленности уровень освещенности должен быть увеличен от 300 до 2000 лк. При таких уровнях освещенности возникают биологические эффекты без оптического изображения (БОИ-эффекты). При этом наблюдается повышение зрительной работоспособности на 16%, снижение брака на 29%, а количество несчастных случаев уменьшается на 52% - все это приводит к росту производительности труда более чем на 20% [3].

Мероприятия по улучшению освещения на промышленных предприятиях требуют дополнительных, иногда значительных затрат, которые быстро окупаются. Промышленное освещение должно отвечать следующим критериям:

- достаточное количество света для выполнения зрительной задачи;
- хорошая равномерность освещения в рабочей зоне;
- баланс распределения яркости в помещении в целом;
- отсутствие прямой и отраженной блескости;
- отсутствие пульсации [2].

Для общего освещения промышленных помещений традиционно применяются разрядные лампы: люминесцентные лампы (ЛЛ), дуговые ртутные лампы (ДРЛ), металлогалогенные лампы (МГЛ), а в отдельных случаях натриевые лампы (ДНаТ). Не исключено и применение ламп накаливания (ЛН), что ведет к высоким затратам на электроэнергию.

В России на освещение расходуется около 12% вырабатываемой электроэнергии. В мире в среднем 19%, в США около – 22%. возможная экономия в России составляет