**Изготовление мембран для ионных актуаторов методом 3D-печати**

***Часовских А.А., Иванченко А.В., Морозов О.С.***

*Студент, 4 курс специалитета*

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail:**artem.chasovskikh@chemistry.msu.ru*

Ионные актуаторы представляют собой трехслойные электромеханические преобразователи, состоящие из полимерной мембраны, покрытой с двух сторон электродами. При подаче напряжения между электродами устройства происходит миграция ионов электролита, что приводит к образованию двойного электрического слоя на их поверхности, набуханию электрода и, как следствие, к деформации всего устройства.Одной из проблем существующих методов изготовления актуаторов является их низкая воспроизводимость. Возможным решением данной проблемы является использование 3D-печати для изготовления ионопроводящих мембран.

Целью данной работы является изготовление мебран для ионных актуаторов с помощью 3D-печати. Первым этапом работы являлся синтез иономеров (3-бутил-1-метил-1H-имидазол-3-ий 2-акриламидо-2-метилпропан-1-сульфонат (БМИМАМПС) и 3-этил-1-метил-1H-имидазол-3-ий 2-акриламидо-2-метилпропан-1-сульфонат (ЕМИМАМПС)) и ионной жидкости (1-бутил-3-метилимидазолий тетрафторборат (БМИмBF4)). Строения полученных веществ были подтверждены методом ЯМР.

Вторым этапом был подбор составов фотоотверждаемых смесей. Изначально были изготовлены мембраны состава иономер/сшивающий агент; такие образцы оказались хрупкими. Для решения этой проблемы в состав смесей вводили сомономер. Для увеличения проводимости мембран было решено добавлять ионную жидкость. Сшивающий агент и сомономер были выбраны исходя из их смешиваемости с синтезированными иономерами и ионной жидкостью. Полученные смеси фотоотверждали в принтере и получали мембраны. Из литературы известно, что в процессе фотоотверждения не достигается максимальная степень конверсии; для увеличения сшивки мембраны постотверждали в печи при 80°С, в течение часа. Для всех полученных мембран была измерена проводимость методом спектроскопии импеданса как до, так и после постотверждения. На основании полученных результатов были отобраны составы для изготовления актуаторов.

На третьем этапе работы были изготовлены актуаторы. Для этого пористые электроды на основе углеродных нанотрубок были пропитаны составом, соответствующим выбранным мембранам*.* Пропитанный электрод нарезали на прямоугольники определенного размера и зажимали между ними ранее изготовленную мембрану. После полученные образцы помещали в вакуумный пакет и ставили в печь при 80°С на 1 час. Такой метод получения за позволяет химически сшить поверхности мембраны с электродами и избежать расслоения устройств при испытаниях. Для полученных устройств были измерены удельная емкость и максимальная деформация. Деформация измерялась при напряжении 3В в течение 120с. Емкость была измерена методом гальваностатического заряда/разряда. Образцы на основе ЕМИМАМПС не показали какой-либо деформации при подаче напряжения. Результаты измерений для актуаторов на основе БМИМАМПС представлены в таблице 1.

Таблица 1 Свойства актуаторов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Состав | Удельная емкость Ф/гунт | Деформация % |  |
| БМИМАМПС / БМИмBF4 (1) | 10.91 | 0.18 |
| БМИМАМПС / БМИмBF4 (2) | 10.39 | 0.39 |

*Работа выполнена в рамках государственного задания Химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (соглашение № АААА-А21-121011590086-0).*