

11;12

Использование метода ионного осаждения для модификаций поверхности трековых мембран

© В.А. Пронин, В.Н. Горнов, А.В. Липин, П.А. Лобода,
Б.В. Мчедлишвили, А.Н. Нечаев, А.В. Сергеев

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. Е.И. Забабахина (РФЯЦ-ВНИИТФ), Снежинск
E-mail: c5@five.ch70.chel.su
Институт кристаллографии РАН, Москва

Поступило в Редакцию 1 августа 2001 г.

Предложен метод получения гидрофильной поверхности трековых мембран путем ионного осаждения тонких пленок оксида кремния. Краевой угол смачивания водой таких поверхностей принимает значение $20 - 25^\circ$ и не изменяется в течение длительного времени.

1. Введение. Трековые мембраны, получаемые путем облучения тонких полимерных пленок пучками ионизирующего излучения с последующим травлением, находят все более широкое применение во многих отраслях науки и промышленности для разделения и очистки растворов полимеров на молекулярном уровне. Трековые мембраны изготавливаются в основном на основе пленок из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) толщиной $10 - 20 \mu\text{m}$. Однако поверхность таких мембран является гидрофобной, что ограничивает возможность их практического применения. Так, в медицине и биотехнологии для фильтрации плазмы крови или вирусов требуются гидрофильные неадсорбирующие мембраны [1].

Поэтому во многих лабораториях мира в настоящее время ведутся интенсивные исследования по созданию простых и технологичных методов модификации поверхности мембран, позволяющих придать им требуемые гидрофильные свойства и таким образом получить трековые мембраны с уникальными техническими характеристиками. Уже освоен ряд физических и химических методов модификации поверхностей трековых мембран, позволяющих придать им требуемые гидрофильные

свойства [2]. Среди них одним из наиболее эффективных и чистых с точки зрения невнесения дефектов в поверхность мембраны является метод обработки в плазме тлеющего разряда [3].

Однако существенным недостатком такого метода является малое время жизни гидрофильного состояния поверхности: после обработки в плазме поверхность загрязняется при взаимодействии с окружающей средой и восстанавливает свои гидрофобные свойства уже через 1–2 суток [3].

В данной работе описан новый метод получения трековых мембран с длительным временем жизни гидрофильной поверхности, основанный на ионном осаждении тонких пленок оксида кремния.

2. Проведение эксперимента. Нанесение оксида кремния на поверхность образцов микрофильтров на основе трековых мембран проводилось путем испарения таблеток оксида кремния электронным лучом в вакуумной камере. При этом на устройство для размещения образцов подавалось отрицательное напряжение относительно корпуса камеры, равное 300 В, что позволило реализовать режим ионного осаждения, который обеспечивает наиболее высокую адгезию оксида кремния с ПЭТФ. Это, в свою очередь, дает возможность получить более плотную структуру пленки, приближающуюся по свойствам к сплошному материалу [4]. Неравномерность толщины полученного покрытия была не хуже 2% на диаметре 200 мм, что достигалось за счет планетарного вращения образцов микрофильтров в вакуумной камере. Измерение толщины пленки оксида кремния в процессе напыления проводилось с помощью акустооптического спектрофотометра AOS-3S с погрешностью ~ 5%.

Для изготовления покрытия использовались образцы микрофильтров размером 160 × 160 мм, которые промывались в горячей дистиллированной воде, просушивались и закреплялись в держателях. На карусели вакуумной камеры размещалось четыре таких держателя с образцами. При этом давление остаточного воздуха в камере установки составляло ~ 5 × 10⁻⁶ мм Hg. Затем проводилась ионная очистка поверхности образцов в плазме тлеющего разряда в течение 10–15 мин и при остаточном давлении ~ 10⁻⁵ мм Hg выполнялось напыление пленки оксида кремния. При этом на образцы микрофильтров с диаметром пор 0.05 и 0.2 μm, изготовленных на основе пленки из ПЭТФ толщиной 10 μm, напылялись пленки толщиной 0.02, 0.04, 0.08 μm.

Оценка степени смачиваемости поверхности проводилась по величине краевого угла смачивания водой. При этом погрешность измерения

Результаты измерения краевого угла смачивания поверхностей трековых мембран

| № | l | d | θ | $\theta_1(t)$ | | | | | θ_2 |
|---|------|------|----------|---------------|---------|----------|----------|----------|------------|
| | | | | $t = 1$ | $t = 5$ | $t = 10$ | $t = 15$ | $t = 30$ | |
| 1 | 0.02 | 0.05 | 76 | 20 | 23 | 18 | 21 | 22 | 15–20 |
| 2 | 0.02 | 0.2 | 72 | 16 | 22 | 16 | 20 | 21 | |
| 3 | 0.04 | 0.05 | 73 | 17 | 18 | 20 | 16 | 22 | |
| 4 | 0.04 | 0.2 | 70 | 21 | 16 | 18 | 20 | 18 | |
| 5 | 0.08 | 0.05 | 75 | 19 | 21 | 15 | 17 | 21 | |
| 6 | 0.08 | 0.2 | 74 | 15 | 22 | 20 | 15 | 19 | |

Используются обозначения: № — номер эксперимента; θ — угол смачивания поверхности мембраны из ПЭТФ, град; θ_1 — угол смачивания поверхности мембраны с напыленным слоем оксида кремния, град; l — толщина слоя оксида кремния, μm ; θ_2 — угол смачивания кварца КУ-1, град; d — диаметр пор мембран, μm .

угла смачивания составляла $\pm 5\%$. Измерения угла смачивания проводились на поверхности мембран с напыленным слоем оксида кремния, а также на обратной стороне без напыления. Для каждого образца диаметром 60 мм проводилось усреднение по трем измерениям в различных точках поверхности, равномерно распределенных по площади. Угол смачивания измерялся через час, а затем через 1, 5, 10, 15 и 30 суток после напыления. Для сравнения также измерялся угол смачивания полированной поверхности пластины кварца КУ-1.

Результаты измерения краевого угла смачивания водой поверхностей мембран приведены в таблице 1 (интервал времени t составлял 1, 5, 10, 15, 30 суток).

3. Заключение. Как видно из таблицы, гидрофильное состояние поверхности трековых мембран на основе ПЭТФ с напыленным слоем оксида кремния сохраняется в течение 30 суток при величине угла смачивания $20 - 25^\circ$, причем значения углов смачивания поверхностей мембран, покрытых оксидом кремния, близки к значениям углов смачивания сплошного кварца. По нашему мнению, описанный метод гидрофилизации поверхности дает реальную возможность существенно расширить область практического применения трековых мембран на основе ПЭТФ во многих областях науки и промышленности.

Работа выполнена при поддержке Международного научно-технического центра (МНТЦ), г. Москва, проект № 918.

Список литературы

- [1] Черкасов А.М., Пасечник В.А. Мембраны и сорбенты в биотехнологии. Л.: Химия, 1991. 280 с.
- [2] Труды Российской конференции по мембранам и мембранной технологии "Мембраны-95". М., 1995. 116 с.
- [3] Mass A., Jaaba H., Shue F. et al. // J. Macromol. Sci.: Pure & Appl. Chem. 1997. V. A34. N 1. P. 67–79.
- [4] Ивановский Г.Ф., Петров В.И. Ионно-плазменная обработка материалов. М.: Радио и связь, 1986. 232 с.