

Указанная проблема может быть решена, если учесть специфику электронных модулей 1-го уровня и способов резервирования СМЭ, состоящую в том, что практически любые «структуры произвольного вида» (схемы расчёта надёжности) могут быть представлены в виде иерархии ограниченного числа «типовых» резервированных групп. Это позволяет строить модели надёжности только для подмножества резервированных групп, что существенно сокращает пространство возможных состояний, и как следствие, число повторных расчётов.

Специфика резервирования СМЭ позволяет находить эффективные алгоритмы для каждого типа резервированной группы и генерации модели отказов СМЭ в целом. Эффективное представление унифицированных топологических моделей составных частей и указанных алгоритмов применимо для широкого класса способов резервирования аппаратуры.

Решение задач по обеспечению функциональной безопасности СМЭ должна носить комплексный характер. В этом случае:

1. Разрабатываемые на основе применения параметрических макромоделей новые эффективные методы формирования структурной электрофизической модели СМЭ, отличающейся большой размерностью, имеют существенную научную значимость для компьютерного моделирования.

2. Создаваемая структурная электрофизическая модель растекания токов по корпусу СМЭ при ЭСР и методика расчета электромагнитных помех, возникающих на входах электронной аппаратуры при воздействии ЭСР, имеет существенную научную значимость для теории и практики проектирования средств медицинской электроники.

Литература

1. **Брылева, О. А.** Основные механизмы повреждения микроконтроллеров вследствие влияния электростатических разрядов / О.А. Брылева, В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2013. – № 2 (39). – С. 130–137.

2. **Пискун, Г. А.** Методы технической диагностики микроконтроллеров при воздействии электростатических разрядов / Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев, О.А. Брылева // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2013. – № 2 (39). – С. 156–163.

НАНОПОРИСТЫЕ МЕМБРАННЫЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ Al_2O_3 ДЛЯ БЛОКОВ ФИЛЬТРАЦИИ БИМЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Д.Л.Шиманович

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, БГУИР, каф. МНЭ, 220013, Минск, Беларусь, тел. +375 17 2938850
E-mail: ShDL@tut.by*

Abstract. Technological fabrication features of free membranes based on high-ordered matrices of nanostructured anodic porous alumina with open-ended pores without the barrier layer were designed. The special combined method composed of the smooth slow voltage drop at the final stage of the two-stage anodization with the cathode polarization and with the alumina chemical etching for the barrier layer thinning and removal was optimized. These membranes are promising as filters for different biomedical applications because of their manufacturability, capability of reproducing and regularity of the structure parameters.

В настоящее время особое внимание уделяется поиску новых наноструктурированных материалов, отвечающих высоким требованиям по структурно-морфологическому составу и параметрам. Актуальным и перспективным исследовательским направлением является освоение методов и технологий формирования пористых мембранных наноструктур, которые бы нашли применение в биомедицинской сфере в качестве систем для

проведения процессов селективного разделения компонентов жидких и газовых сред, очистки их от примесей, ультра- и микрофльтрации, разделения биомолекул с близкой молекулярной массой, диализа, электролиза, осмоса и др. Существующие технологии не позволяют целенаправленно создавать наноструктурированные мембраны с высокоупорядоченными порами заданных размеров, узким распределением пор по диаметру, их малой извилистостью для получения высоких значений проницаемости.

В результате работы проанализированы особенности получения матриц на основе наноструктурированного анодного пористого оксида алюминия (НАПОА), установлена перспективность их использования в качестве мембранных фильтров различного биомедицинского применения благодаря технологичности, воспроизводимости их создания и регулярности параметров структуры [1, 2].

Высокоорганизованные наноструктурированные матрицы Al_2O_3 характеризуются регулярным расположением нанопор диаметром от 5 до 400 нм, высокой плотностью пор в диапазоне 10^8 - 10^{11} см⁻² и длиной каналов пор от десятков нанометров до сотен микрометров. Структурные параметры пор Al_2O_3 (диаметр, длина, межпорное расстояние) могут контролироваться оптимизированными режимами анодирования, такими, как выбор электролита, его концентрация и температура, напряжение анодирования. Известно, что между дном пор и несущим Al существует барьерный слой (БС) толщиной от 2 нм до сотен нанометров.

В результате работы различными методами были проведены процессы удаления БС НАПОА толщиной 30-70 мкм, сформированного двухстадийным анодированием в 0,5М $H_2C_2O_4$ при потенциостатическом режиме ($U \sim 55$ В). Применялся метод химического травления мембран на основе НАПОА либо в 5% H_3PO_4 при $T \sim 35$ -40 °С в течение 15-40 мин, либо в 10% H_2SO_4 при $T \sim 25$ -30 °С в течение 10-35 мин; метод плавного понижения напряжения до 5 В со скоростью 0,1 В/с на заключительной фазе ранее проведенного двухстадийного анодирования; метод на основе процесса катодной поляризации при -4 В либо в том же электролите, в котором осуществляли процесс анодирования (в 0,5М растворе $H_2C_2O_4$), либо в 0,5М нейтральном растворе KCl в течение различного времени от 5 до 50 мин. Показано, что самостоятельное применение этих методов имеет некоторые недостатки: селективное удаление БС только химическим травлением маловероятно, т.к. процесс носит изотропный характер и сопровождается травлением стенок пор, увеличением их диаметра, что приводит к нежелательной в некоторых случаях модификации пор, а иногда к механическому разрушению тонких мембранных структур на основе НАПОА; при процессе катодной поляризации затруднительно осуществить качественное удаление БС в Al_2O_3 толщиной более 35 мкм на большой площади по причине возможного механического отслаивания и разрушительного отделения частей мембранного Al_2O_3 от Al основы в некоторых локальных зонах под действием выделяемого H_2 из-за электрохимического воздействия OH^- ионов на несущее Al основание под БС и его коррозионного травления.

На основании вышеизложенных проблемных недостатков была разработана специальная методика утонения и удаления БС НАПОА, представляющая собой методику комбинированного сочетания метода плавного медленного понижения напряжения до 5 В на заключительной фазе двухстадийного электрохимического анодирования для утонения БС Al_2O_3 между оксидной пленкой и несущим алюминием с появлением сетки пор меньшего диаметра в виде веточной морфологии в донной части полученной пористой структуры, метода электрохимической катодной поляризации при -4В для частичного удаления БС и метода химического травления Al_2O_3 для окончательного удаления БС с одновременной модификацией (расширением) пор. При такой комбинированной методике было сокращено время катодной поляризации для исключения коррозионных процессов, которые приводят к разрушению мембранных пленок Al_2O_3 и понижена температура химического

травления для уменьшения эффекта неконтролируемого растравливания стенок пор. Методика позволяет гарантированно удалять БС Al_2O_3 и получать свободные мембраны на основе НАПОА со сквозными каналами модифицированных нанопор, обладающие высокой однородностью размеров пор, что приводит к улучшению и оптимизации параметров проницаемости при фазовом разделении при использовании в биомедицинских устройствах фильтрации.

Было установлено, что для гарантированного удаления БС и получения сквозных каналов пор необходимо проводить процесс катодной поляризации в течение ~22; 24; 27; 30; 35 мин для толщин Al_2O_3 ~30; 40; 50; 60; 70 мкм соответственно либо в 0,5М растворе $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ при температуре ~11-12 °С, либо в 0,5М нейтральном растворе KCl при температуре ~10 °С при напряжении -4 В (Рис. 1), а последующий процесс химического травления в 5% растворе H_3PO_4 в течение ~20-70 мин при температуре ~25°С.

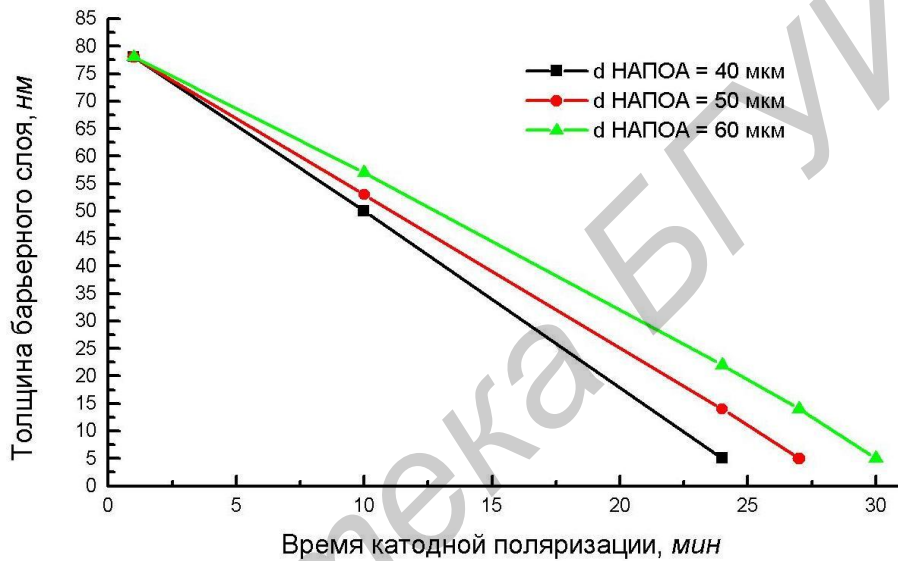


Рисунок 1 – Влияние времени процесса катодной поляризации на толщину удаляемого БС для разной толщины мембран на основе НАПОА

СЭМ-фото морфологии с изображением наличия и отсутствия БС и эффекта расширения нанопор полученных мембран НАПОА представлены на Рис. 2 (а-г).

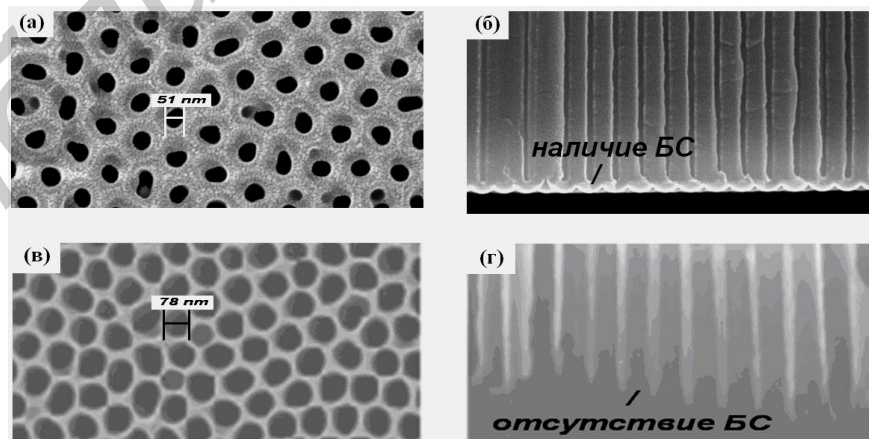


Рисунок 2 – СЭМ-фото НАПОА (~60 мкм) до (а, б) и после (в, г) использования методики удаления БС комбинированным сочетанием процесса катодной поляризации (~30 мин) в 0,5М $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ при -4 В и последующего процесса химического травления (~25 мин) в 5% H_3PO_4 при Т ~25°С

Разработан также способ модификации пор свободных матриц мембран на основе НАПОА дополнительной обработкой изотропным химическим травлением в 5% водном растворе фосфорной кислоты (H_3PO_4) при $\sim 30-40$ °С в течение $\sim 15-40$ мин для формирования разных по диаметру конечных пористых структур. Модификация пор проводилась после операции химического селективного травления остаточного Al и после второй стадии анодирования до операции селективного удаления несущего Al.

Формирование оптимизированной структуры связано с увеличением диаметра пор и пористости, высокой однородностью размеров сквозных каналов пор, полученных за счет изотропного травления их стенок, и со снижением концентрации примесных анионов (O^{2-} , OH^- , $C_2O_4^{2-}$), присутствующих на внешней стороне стенок пор и влияющих на механизм технологических процессов при дальнейшем биомедицинском применении мембранных структур. Было выяснено, что возможно контролировать диаметр пор от 50 до 90 нм без опасности механического разрушения мембран на основе НАПОА. Коэффициент пористости изготовленных мембран был увеличен от 0,17 до 0,67 при увеличении времени процесса модификации (расширения) пор химическим травлением.

Таким образом, были сформированы свободные мембраны на основе высокоорганизованных матриц НАПОА толщиной от 30 до 70 мкм с открытыми каналами модифицированных нанопор диаметром от 50 до 90 нм без барьерного слоя и разработан технологический процесс их изготовления. Оптимизирован специальный комбинированный метод, включающий медленное плавное понижение напряжения на заключительном этапе двухстадийного анодирования, катодную поляризацию и химическое травление оксида алюминия для утонения и удаления барьерного слоя. Была проведена оценка влияния условий и режимов их формирования на структурно-геометрические параметры свободных мембран на основе Al_2O_3 . Полученные результаты позволят улучшить и оптимизировать параметры проницаемости при фазовом разделении при использовании в биомедицинских устройствах фильтрации.

Литература

1. Шиманович, Д.Л. Методы электрохимического формирования однослойных и двухслойных мембранных структур на основе наноструктурированного анодного оксида алюминия / Д.Л. Шиманович, В.А. Сокол, Д.И. Чушкова // Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. – 2014. – № 2. – С. 19-23.
2. Сокол, В.А. Особенности применения пористых оксидов алюминия / В.А. Сокол, В.А. Яковцева, Д.Л. Шиманович // Доклады БГУИР. – 2012. – № 2 (64). – С. 21-27.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СЕСТРИНСКОГО РУКОВОДИТЕЛЯ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т.В. Матвейчик¹, А.П. Ключев²

¹ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», кафедра общественного здоровья и здравоохранения ул. П.Бровки 3, БелМАПО, 220013 г.Минск, Беларусь, тел. +375172909840, E-mail: Matveichik51@rambler.ru

²УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кафедра экологии ул. П.Бровки 6, БГУИР, 220013 г.Минск, Беларусь, тел. +375172932387 E-mail: Kluev_A@tut.by

Abstract. Research was done on demand for new IT based forms, methods and content of the educational process. It was studied how receiving of a higher nursery education can influence relationship among colleagues. Education-based drive for success was discovered. The research done contributed to a better understanding of demand for further development of the educational programs for specialists