

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-069

ПОРИСТЫЕ КРЕМНИЕВЫЕ ГАЗОПРОНИЦАЕМЫЕ МЕМБРАНЫ

Болотов В.В., Пономарева И.В., Ивлев К.Е., Князев Е.В., Соколов Д.В.
Омский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Омск

Многочисленные свойства и структурные особенности пористого кремния сделали его многообещающим материалом для широкого спектра применений, от доставки лекарств до микроэлектроники. Удалив объемный кремний под слоем пористого кремния и создав мембрану, был обнаружен целый новый набор физических и химических характеристик, а также потенциальное использование. В частности одной из областей применения мембран пористого кремния является сенсорика. Требуемые характеристики пористых слоев могут быть получены с помощью варьирования таких параметров, как тип и уровень легирования, состав электролита, сила тока, условия подсветки. Добавление в электролит окисляющих агентов значительно меняет морфологию пористых слоев. В данной работе рассмотрены особенности формирования фильтрующих слоев на основе канального кремния с размерами каналов 150-400 нм, полученных в электролитах с добавлением окислителей. На данных слоях получали пористые кремниевые мембраны и исследовалось газопропускание на диоксид азота.

Образцы получены методом анодного травления на пластинах монокристаллического кремния марки КЭФ 1 (100) в электролитах $\text{HF}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1:9 с добавлением HCl в количестве 25 mM и $\text{HF}:\text{HCOOH}:(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ 1:1:1. Муравьиная и соляная кислота использовались в качестве окислителей. На полученных слоях пористого кремния с каналами порядка 150-400 нм и толщиной 40-100 нм формировались мембраны путем механического удаления монокристаллической подложки и дальнейшим распылением ионами аргона Ar^+ мелкодисперсного кремния, оставшегося после механической шлифовки. На рис.1 и рис. 2 представлены РЭМ изображения пористых слоев. Для всех электролитов наблюдаются поры с квазиквадратным сечением, что связано с анизотропией скорости электрохимического травления. В пористых слоях, полученных в электролитах с хлористоводородной кислотой, от главных пор перпендикулярно отходят вторичные поры.

Мембраны со сквозными каналами тестировались на пропускание диоксида азота NO_2 при комнатной температуре. Для этого исследовался отклик газочувствительного элемента, расположенного в измерительной камере, в которую через мембрану или напрямую напускался газ. В качестве газочувствительного резистивного элемента использовались тонкие пленки SnO_x на диэлектрических подложках. Данные газопропускания и параметры мембран представлены в таблице 1.

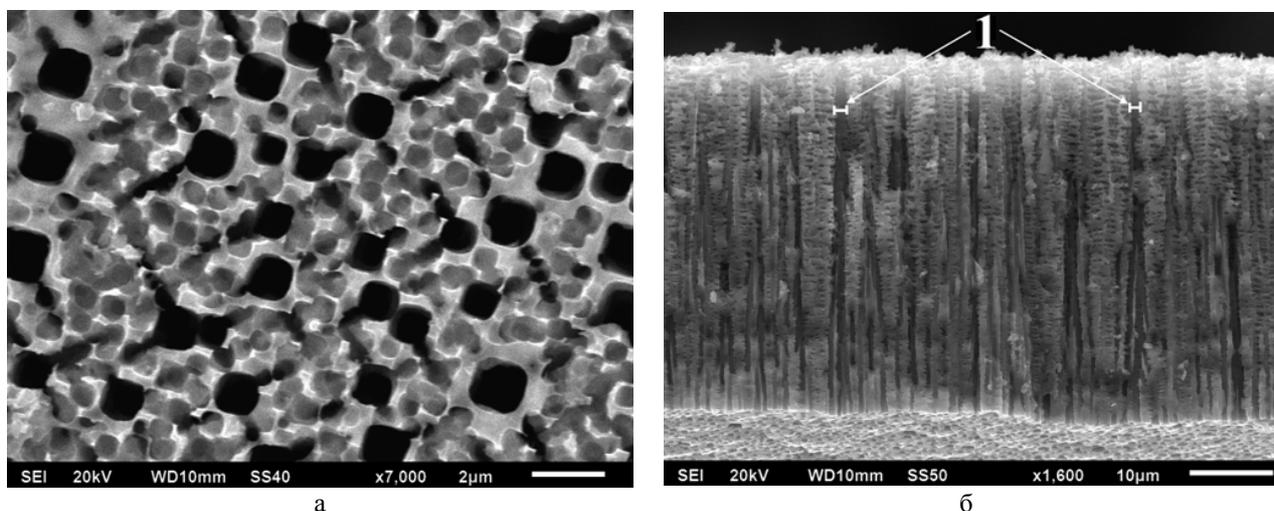


Рис. 1. РЭМ изображения мембраны, режим получения пористого кремния: электролит $\text{HF}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 1:9 с концентрацией HCl 25 mM, $j = 10 \text{ mA/cm}^2$; вид сверху (а), поперечное сечение (б); 1 – каналы

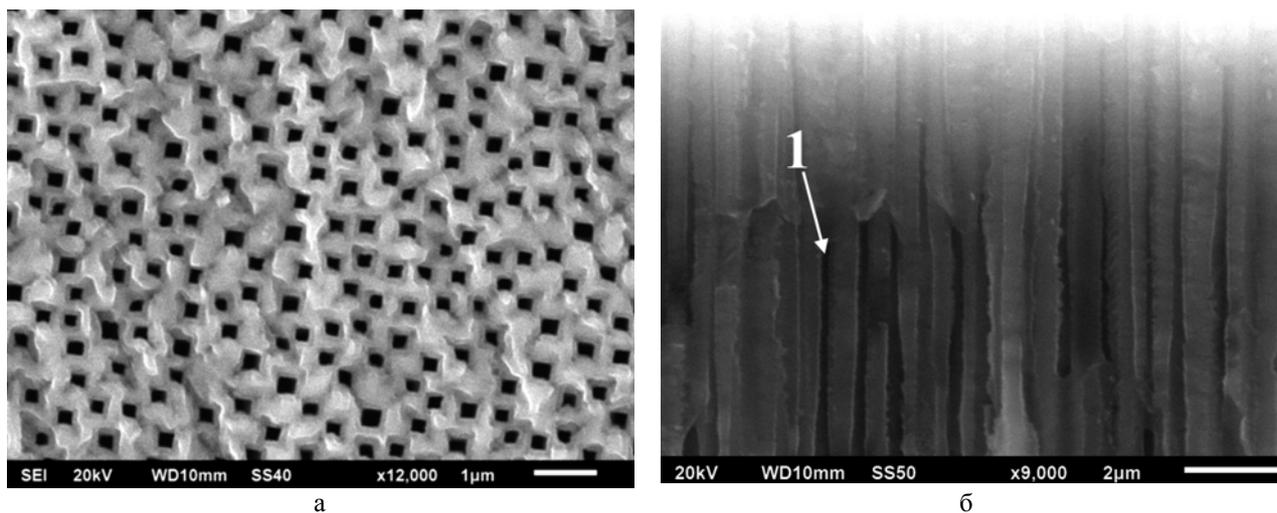


Рис. 2. РЭМ изображения мембраны, режим получения пористого кремния: электролит HF:HCOOH:(CH₃)₂CO 1:1:1, $j = 400 \text{ mA/cm}^2$; вид сверху (а), поперечное сечение (б); 1 – канал

Таблица 1. Параметры мембраны и сенсорный отклик

электролит	плотность тока, mA/cm^2	диаметр каналов, мкм	плотность каналов, 10^8 cm^{-2}	сенсорный отклик, %
без мембраны	-	-	-	66
HF:HCOOH:(CH ₃) ₂ CO 1:1:1	400	0,21	2,8	9
HF:C ₂ H ₅ OH 1:9 + HCl 25 mM	10	0,43	0,5	55

Как видно из таблицы 1, сенсорный отклик при подаче газа анализта в измерительную камеру через каналные мембраны меньше, чем при подаче напрямую. Наблюдается корреляция между диаметром каналов и сенсорным откликом.

Работа выполнена в рамках государственного задания Омского научного центра СО РАН (номер госрегистрации проекта 121021600004-7).