

## ГАЗОВЫЕ СЕНСОРЫ НА ПОДЛОЖКАХ ИЗ НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Г.Г. ГОРОХ, А.И. ЗАХЛЕБАЕВА, А.А. ЛОЗОВЕНКО, Е.В. СОЧНЕВА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь  
gorokh@bsuir.by*

Представлены результаты разработки химических полупроводниковых сенсоров на нанопористых подложках из анодного оксида алюминия. С целью минимизации тепловых потерь проведена оптимизация конструкции тонкопленочного газового сенсора, разработаны научные основы технологии изготовления нанопористых подложек с требуемыми параметрами, проведена апробация полупроводниковых газовых сенсоров на нанопористых подложках и исследованы их функциональные характеристики.

*Ключевые слова:* анодный оксид алюминия, наноструктурированные материалы, химические сенсоры.

В последние годы в газовой сенсорике большое внимание уделяется разработке микромощных полупроводниковых химических сенсоров, изготавливаемых на диэлектрических мембранах по кремниевой МЭМС-технологии с металлооксидным чувствительным слоем [1]. Несмотря на видимую перспективность этой технологии, она обладает существенными недостатками, сдерживающими ее широкое применение, такими как высокая трудоемкость, плохое согласование термических и механических свойств используемых пленок, низкая адгезия материала нагревателя к оксиду и нитриду кремния, которые, в целом, приводят к снижению выхода годных и надежности сенсоров [2]. Одним из путей усовершенствования этой конструкции является использование наноструктурированного темплейта для формирования металлооксидного слоя, что позволяет увеличить эффективную поверхность активного слоя и повысить чувствительность и селективность самого сенсора [3,4].

В настоящей работе предложен новый подход, суть которого заключается в использовании пористых матриц анодного оксида алюминия (АОА) в качестве масок или шаблонов, на поверхности или в порах которых осаждаются или выращиваются необходимые материалы, в результате чего формируются наноструктурированные пленки [5] или специальным образом распределенные по поверхности наноструктуры [6]. За счет пористой структуры, использование в конструкции газовых сенсоров подложек из АОА позволяет снизить тепловые потери на нагрев сенсора и повысить адгезию платинового нагревателя к подложке.

Разработана методика формирования подложек из нанопористого оксида алюминия и создания на их основе газового сенсора. Методика основана на следующих основных этапах. Подготовка подложек – терморихтовка заготовок и электрохимическая полировка алюминия. Формирование с одной стороны подложки слоя анодного оксида методом двухстадийного электрохимического анодирования. Селективное растворение непроанодированного алюминия для получения свободной подложки и расширение пор. Изготовление кристалла химического сенсора на подложке из АОА: осаждение платины и формирование нагревателя с электродами и электродов к чувствительному слою методами двухсторонней фотолитографии и ионно-лучевого травления. Нанесение газочувствительного слоя  $\text{SnO}_2/\text{Pd}$  толщиной 15–20 мкм капельным методом на соответствующую область нагревателя.

Проведены исследования откликов сенсора на  $H_2$ . Величина сенсорного отклика была определена как разность между сопротивлением сенсора при воздействии активного газа ( $R_{gas}$ ) и сопротивлением сенсора в воздухе ( $R_{air}$ ). Чувствительность сенсора была рассчитана как процентное отношение  $R_{gas}$  и  $R_{air}$ :  $S = (R_{gas}/R_{air}) \times 100\%$ . Результаты исследований показали, что при использовании в конструкции сенсора подложек из АОО с объемной пористостью 35–55%, тепловые потери на его нагрев снижаются на 10–18%. При этом механические свойства подложек, необходимые для проведения всех технологических циклов, сохраняются.

На рис. 1 приведены изотермические отклики сенсора на концентрации водорода 10, 20, 50, 100 и 200 ppm в атмосфере содержащей разный уровень влажности (сухой, с 25 и 50% влажности).

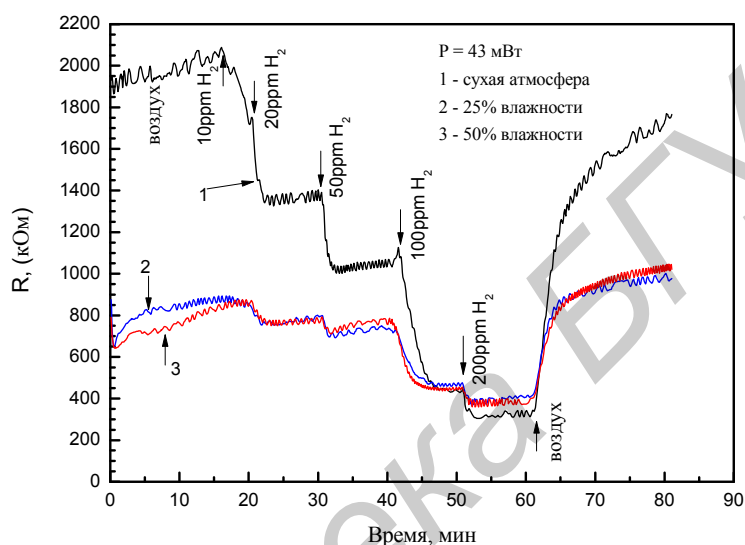


Рис. 1. Отклики сенсоров, сформированных на наноструктурированной подложке из АОО, на  $H_2$

Анализ представленных результатов показал, что использование в качестве подложки для формирования полупроводниковых газовых сенсоров наноструктурированного анодного оксида алюминия позволяет существенно снизить их потребляемую мощность и повысить чувствительность к водороду. Кроме того, благодаря пористой структуре АОО обеспечивается высокая адгезия платины к подложке и ее электропроводность, а также хорошо согласовываются термомеханические свойства пары платиновый нагреватель – материал чувствительного слоя.

#### Список литературы

1. Moon S.E., Choi N.-J., Lee H.K. et al. // ETRI Journal. 2013. Vol. 35. Iss. 4. P. 617–624.
2. Васильев А.А., Гогин-Клушин С.Ю., Харитонов Д.Ю. и др. // Сенсор. 2002. № 3. С. 23–29.
3. Khatko V.V., Gorokh G.G., Mozalev A.M. et al. // Sens. Act. B. 2006. Vol. 118. Iss. 1–2. P. 255–262.
4. Kim S. Choi J. Jung M. et al. // Sensors. 2013. Vol. 13. Iss. 10. P. 13575–13583.
5. Khatko V.V., Mozalev A.M., Gorokh G.G. et al. // J. Electrochem. Soc. 2008. Vol. 155. Iss. 7. P. K116–K123.
6. Gorokh G.G., Mozalev A.M., Solovei D.V. et al. // Electrochem. Act. 2006. Vol. 52. Iss. 4. P. 1771–1780.