

ХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТРИЧНЫХ НАНОСИСТЕМ С ХЕМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

А.В. Пянко (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск)

А.И. Захлебаева (Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск)

Научный руководитель – к.х.н. В.В. Жилинский (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск)

Введение. Решение проблем обеспечения безопасности и активного мониторинга состояния окружающей среды может быть обеспечено системами контроля на основе сенсорных устройств, наибольшее распространение среди которых благодаря своей технологичности, стабильности характеристик и высокой чувствительности к малым концентрациям газов получили хеморезистивные полупроводниковые сенсоры с газочувствительными слоями на основе тонких металлооксидных пленок. Принцип работы таких сенсоров заключается в изменении электропроводности металлооксидов в результате реакций адсорбции-десорбции, протекающих на их поверхности при взаимодействии с газовой средой. Структурирование металлооксидных пленок путем их нанесения на высокоупорядоченные нанопористые матрицы позволит увеличить эффективную площадь взаимодействия металлооксида с молекулами газовой среды и тем самым повысить чувствительность хеморезистивных сенсоров [1].

Таким образом, **цель работы** заключалась в получении химическим синтезом матричных наносистем с хемочувствительными свойствами, исследовании их структуры и электрофизических характеристик.

Синтез матричных наносистем. Наиболее подходящим материалом для формирования матриц для последующего нанесения на них металлооксидных слоев является пористый анодный оксид алюминия (АОА), обладающий высокоупорядоченной структурой, хорошей механической прочностью, жесткостью, упругостью и износостойкостью [2]. В качестве исходных образцов использовали кремниевые подложки, на которые методом магнетронного напыления в вакууме был нанесен слой Al толщиной 1,2 мкм. Матрицу АОА формировали методом двухстадийного электрохимического анодирования Al в 0,4 М водном растворе винной кислоты в электрохимических условиях, обеспечивающих размер и профиль пор, позволяющий равномерно заполнить матрицу металлооксидом [3]. Химическое наполнение пористой структуры АОА осуществляли путем послойного осаждения гидроксидов металлов из подщелаченных растворов 0,01 М ZnSO₄ и SnSO₄ при pH=8 в течение 1 мин с последующей выдержкой образцов в растворе KOH также в течение 1 мин. Полученные таким образом слои после естественной сушки подвергали отжигу при температуре 750 °С до полного перехода Sn⁺² в Sn⁺⁴ и формирования смешанного оксида SnO₂·ZnO.

Исследование микроструктуры, состава и свойств сформированных наносистем.

Исследование микрошлифа матрицы с нанесенными слоями SnO₂ и ZnO, показало преобладание сквозного наполнения пористой структуры АОА. Согласно данным анализа спектров комбинационного рассеяния (КР-спектров) пленки SnO₂·ZnO, отожженные при 750 °С, имели кристаллическую структуру. На КР-спектрах поверхности образца с хеморезистивным слоем отчетливо видны пики кристаллических фаз SnO₂, ZnO и Al₂O₃ (550 см⁻¹ – SnO₂, 625 см⁻¹ – Al₂O₃, 705 см⁻¹ – ZnO, 820 см⁻¹ – ZnO, 1010 см⁻¹ – SnO₂, 1150 см⁻¹ – Al₂O₃).

Исследования хемочувствительных свойств сформированных наносистем проводили на тестовой сенсорной структуре, представляющей собой кремниевую подложку с АОА матрицей, содержащей осажденные слои SnO₂·ZnO. На обратной стороне подложки был сформирован нагреватель, к газочувствительным слоям подведены внешние контакты.

Хемочувствительные свойства структурированных пленок $\text{SnO}_2\cdot\text{ZnO}$ анализировали в среде NO_2 при температурах 250°C, 300°C и 350°C. В процессе исследований регистрировали изменение сопротивления тестовой структуры в чистой атмосфере и в среде с разной концентрацией NO_2 . Сформированные наносистемы показали хорошие отклики на низкие концентрации (1–2 ppm) NO_2 , причем наилучшую чувствительность исследуемых пленок к анализируемому газу наблюдали при температуре 300°C. При температурах ниже 300°C увеличивалось время отклика структур, а при температурах, превышающих эту величину, уменьшалась величина изменения сопротивления. Сравнение полученных откликов с откликами гладких напыленных пленок металлооксидов показало, что чувствительность сформированных наноструктурированных пленок на несколько порядков превышает чувствительность гладких пленок металлооксидов.

Заключение. Разработанная методика химического синтеза композитных матричных наносистем позволяет формировать высокоструктурированные слои металлооксидов, обладающие хорошими хемочувствительными свойствами, для дальнейшего применения в газовых сенсорах и сенсорных микросистемах.

Литература.

1. G. Gorokh, A. Mozalev, D. Solovei, V. Khatko, E. Llobet, X. Correig / Anodic formation of low-aspect-ratio porous alumina films for metal-oxide sensor application // *Electrochimica Acta*. – 2006. – Vol. 52. – P. 1771–1780.

2. Z. Xia, L. Riester, B.W. Sheldon, W.A. Curtin, J. Liang, A. Yin, J.M. Xu / Mechanical properties of highly ordered nanoporous anodic alumina membranes // *Reviews on Advanced Materials Science*. – 2004. – Vol. 6. – Iss. 2. – P. 131–139.

3. В.В. Жилинский, А.В. Пянко, Н.В. Богомазова, Г.Г. Горох, А.И. Захлебаева / Газочувствительные пленки на основе оксидов олова и цинка в матрицах анодного оксида алюминия для перспективных хеморезистивных сенсоров // Новейшие достижения в области инновационного развития в химической промышленности и производстве строительных материалов : материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 18–20 ноября, 2015 г. / БГТУ – Минск, 2015. – С. 223–226.