

ГАЗОВЫЕ СЕНСОРЫ И СЕНСОРНЫЕ МИКРОСИСТЕМЫ НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОКСИДНЫХ ПЛЕНКАХ

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

О.Г. Реутская (Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

Научный руководитель – к.т.н. Г.Г. Горох (Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники, г. Минск)

Для контроля состава окружающей среды широко используются полупроводниковые хеморезистивные сенсоры и сенсорные системы, принцип действия которых основан на способности металлооксидов изменять свои электрофизические характеристики в результате процессов адсорбции-десорбции, протекающих при их взаимодействии с газовой средой. Одним из актуальных вопросов разработки газовых сенсоров является повышение их чувствительности и избирательности, а также снижение потребляемой мощности на нагрев чувствительных элементов сенсоров до рабочих температур 250–500°C.

Формирование чувствительных элементов сенсора на диэлектрических подложках из нанопористого анодного оксида алюминия (АОА) позволяет избежать проблем, связанных с согласованием термомеханических свойств используемых в конструкции сенсора материалов. Высокая механическая прочность АОА подложек позволяет изготавливать на их основе сенсорные микросистемы, состоящие из нескольких кристаллов с различными газочувствительными слоями, обеспечивая тем самым распознавание с помощью совместных методов обработки сигнала состава многокомпонентных газовых сред [1]. В данной работе представлены результаты разработки технологии формирования газового сенсора и двухсенсорной микросистемы на диэлектрической АОА подложке, апробации двухсенсорной микросистемы и исследования ее электрофизических характеристик.

Подложки из АОА толщиной 60 ± 1 мкм и пористостью 25-55% изготавливали методом одностороннего электрохимического анодирования в 0,5 М растворе щавелевой кислоты при напряжении 50 В [2]. На подложках методами магнетронного распыления, фотолитографии и ионно-лучевого травления формировали платиновый нагреватель и электроды, а также сквозные окна для минимизации тепловых потерь в конструкции сенсора. За счет шероховатости пористой поверхности и частичного проникновения платины в открытые верхние части пор, пленка платины приобретала структурированную поверхность и высокую адгезию к подложке, которая сохранялась при многократных температурных перепадах. Газочувствительный слой $\text{In}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Pt}$ -чернь изготавливали золь-гель методом и наносили из раствора на соответствующую область нагревателя таким образом, чтобы пленка замыкала собой концы сигнальных электродов.

Двухсенсорную микросистему на АОА подложке изготавливали по маршруту, аналогичному маршруту изготовления газового сенсора. Сформированная микросистема представляла собой подложку из АОА размером $1,25 \times 1,25$ мм², толщиной 60 мкм и пористостью ~ 35%, на планарной стороне которой сформированы две пары платиновых информационных электродов на расстоянии 10 мкм друг от друга с нанесенными чувствительными слоями, на обратной стороне – два нагревательных элемента шириной 30 мкм в форме меандра. Использование в топологии микросистемы сквозных отверстий, как и использование самой нанопористой диэлектрической подложки, позволило снизить ее потребляемую мощность за счет уменьшения объема контактирующего с нагревателем материала подложки и уменьшения коэффициента теплопроводности АОА, зависящего от его пористости [3].

По разработанному технологическому маршруту были изготовлены тестовые образцы газовых микросистем и проведены измерения их откликов к газам CO, C₃H₈ и NO₂. Результаты измерений приведены в таблице 1. Величину сенсорного отклика микросистемы определяли как разность между ее сопротивлением при воздействии активного газа (R_{gas}) и в

воздухе (R_{air}). Чувствительность микросистемы определяли как процентное отношение R_{gas} и R_{air} : $S = [(R_{air}-R_{gas})/R_{gas}] \times 100\%$.

Таблица 1 – Измерение чувствительности газовой микросистемы к C_3H_8 , NO_2 и CO

Потребляемая мощность	Концентрация детектируемого газа, ppm	Чувствительность, %
48 мВт	$C(C_3H_8) = 100$	55
	$C(NO_2) = 4$	82
60 мВт	$C(C_3H_8) = 100$	73
	$C(NO_2) = 4$	72
85 мВт	$C(CO) = 11,8$	12
	$C(CO) = 2,8$	15
15 мкВт	$C(CO) = 11,8$	90
	$C(CO) = 2,8$	40

Полученные результаты подтвердили высокую эффективность работоспособности и возможность снижения энергопотребления полупроводниковых сенсоров и сенсорных микросистем. Разработанная газовая микросистема может использоваться в противопожарных извещателях, системах анализа многокомпонентных газовых сред, мониторинга окружающей среды и контроля рабочей среды промышленных предприятий.

Литература:

1. О.Г. Реутская, А.И. Захлебаева, Г.Г. Горох, И.А. Таратын, В.В. Хатько / Газовая микросистема на подложке из пористого анодного оксида алюминия // Наноструктуры в конденсированных средах : сб. науч. ст. / Ин-т тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси. – Минск, 2014. – С. 138–145.

2. Г.Г. Горох, А.И. Захлебаева, Е.А. Белогуров, В.В. Хатько, И.А. Таратын / Химические газовые сенсоры на подложках из нанопористого оксида алюминия // Нано- и микроэлектронная техника. – 2014. – №9. – С. 45–51.

3. О.Г. Реутская, Е.А. Белогуров, И.А. Таратын, В.В. Хатько / Четырехсенсорная газовая микросистема на подложке из пористого анодного оксида алюминия: конструкция, технология, моделирование // Приборы и методы измерений. – 2013. – №2(7). – С. 47–51.