

В.Г. Лугин, В.Г. Зарапин, И.М. Жарский  
(БГТУ, г. Минск)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДОВ ИНДИЯ И ОЛОВА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Решение ряда экологических проблем связано с определением качественного и количественного состава газовых сред. В связи с этим большое внимание уделяется разработке различных типов и конструкций датчиков химического состава газов (газовых сенсоров). В отличие от классических средств газового анализа, таких, как хроматографы, масс-спектрометры, атомно-эмиссионные спектрометры, как правило, дорогих, сложных в эксплуатации, требующих высококвалифицированного обслуживающего персонала и сложной предварительной пробоподготовки, газовые сенсоры и приборы на их основе характеризуются высоким быстродействием, малыми габаритами, низким энергопотреблением, гораздо более низкой стоимостью и простотой в эксплуатации, а также возможностью непрерывного слежения за составом газовой среды без участия человека.

Кроме того, анализаторы сенсорного типа легко совмещаются с компьютером и, следовательно, могут включаться в локальные и глобальные компьютерные сети, что представляет особую ценность для национальных и международных программ мониторинга окружающей среды.

Из множества различных конструкций и принципов работы полупроводниковых газовых сенсоров (ППГС) адсорбционного типа наиболее широкое применение на практике получили сенсоры хеморезистивного типа, принцип действия которых основан на изменении сопротивления сенсорного элемента при взаимодействии с определенным газом. Однако существует ряд недостатков и проблем, характерных для резистивных ППГС, которые являются присущими данному способу детектирования и, зачастую, принципиально неустраняемыми. К числу таких недостатков можно отнести: неадекватную связь между составом газовой фазы и проводимостью чувствительного элемента вследствие неоднозначного влияния адсорбции многих газовых частиц на подвижность и концентрацию носителей заряда; наличие дрейфа показаний, вызванного труднопрогнозируемыми изменениями структуры при длительном функционировании; неконтролируемые процессы

переноса вещества и поляризации электрических контактов при пропускании тока. Это обуславливает необходимость поиска таких электрофизических характеристик полупроводникового адсорбента, которые могут оказаться менее подверженными влиянию вышеуказанных факторов.

В данной работе исследована возможность использования термо-ЭДС, генерируемой в тонких пленках металлооксидных полупроводников (на примере оксидов индия и олова), для регистрации адсорбционного отклика сенсора. Принцип детектирования основан на зависимости термо-ЭДС чувствительного элемента при фиксированном градиенте температуры от качественного и количественного состава газовой среды с использованием зависимости коэффициента Зеебека от природы и концентрации частиц, адсорбированных на поверхности сенсорного элемента [1]. Естественно, что для практической реализации данного принципа детектирования и разработки сенсорных датчиков необходимо получение сенсорных элементов, способных не только генерировать термо-ЭДС, но и обладающих термоэлектрическими параметрами, чувствительными к составу газовой фазы.

Объектами исследований были тонкие пленки (30-80 нм)  $\text{In}_2\text{O}_3$  и  $\text{SnO}_2$ , полученные методом термического окисления магнетронно-напыленных пленок In и Sn. Датчик представляет собой тепло-электроизолирующую подложку, на планарной стороне которой сформирован чувствительный слой, «горячий» и «холодный» контакты и терморезисторы для контроля температуры контактов. С обратной стороны подложки нанесен пленочный нагреватель таким образом, чтобы нагревать только область пленки вблизи «горячего» контакта. Работает сенсор следующим образом: через нагреватель пропускают электрический ток такой величины, чтобы осуществить нагрев области газочувствительного элемента в зоне «горячего» контакта до необходимой температуры, при этом «холодный» контакт имеет температуру, близкую к температуре окружающей среды. В результате разности температур между «горячим» и «холодным» контактами генерируется термо-ЭДС, величина которой при постоянной разности температур зависит от концентрации и/или природы анализируемого газа [2, 3].

Исследования сенсорных свойств пленок  $\text{In}_2\text{O}_3$  (толщиной ~30 нм, окисленных при 500°C) выявили высокую чувствительность термо-ЭДС при детектировании малых концентраций (1-1000 ppm)  $\text{NH}_3$  в газовых смесях при температуре «горячего» контакта чувствительного слоя 250°C.

Изменяя электрофизические и структурные свойства чувствительного элемента путем варьирования режимов окисления и толщины пленок, можно управлять чувствительностью и селективностью

датчиков. Так, например, пленки  $\text{In}_2\text{O}_3$  толщиной  $\sim 50$  нм (окисленные при  $600^\circ\text{C}$ ) обладают высокой чувствительностью к  $\text{NO}_2$  в интервале концентраций 0,1-200 ppm при температуре «горячего» контакта  $300^\circ\text{C}$ .

Использование в качестве чувствительного элемента пленок диоксида олова, легированных Pd в количестве  $\sim 1.0$  ат.%, позволяет определять содержание CO в воздухе в интервале концентраций 40-20000 ppm. Оптимальная температура «горячего» контакта при детектировании CO составляла  $200-220^\circ\text{C}$ .

Полученные тонкопленочные полупроводниковые газовые сенсоры являются более удобными для использования в конструкциях газоанализаторов, т.к. измеряемым электрическим сигналом является генерируемая сенсором ЭДС, величина которой определяется составом окружающей газовой среды. Такие сенсоры обладают более высоким быстродействием и значительно меньшим дрейфом показаний по сравнению с резистивными сенсорами, изготовленными с применением тех же чувствительных материалов.

Использование в качестве измеряемого параметра сенсора термо-ЭДС также является перспективным при создании мультисенсорных систем многокомпонентного газового анализа и мониторинга атмосферы, поскольку, по сравнению с резистивными мультисенсорными системами, упрощается электронно-измерительная схема и уменьшается ее инерционность, что позволяет с помощью одной измерительной цепи при последовательном переключении измерять сигнал нескольких ЧЭ за время менее 1 секунды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ RU 2146816 МКИ G01N 27/00, 33/00, H01L 49/02. Способ детектирования газовых смесей / Зарапин В.Г., Лугин В.Г., Жарский И.М. (ВУ) БГТУ. Приоритет от 19.02.1998 (ВУ). -10 с.
2. Патент РФ на полезную модель №2 ВУ 2 U МКИ G 01N 27/00. Тонкопленочный полупроводниковый газовый сенсор / Лугин В.Г., Зарапин В.Г., Жарский И.М. БГТУ. Приоритет от 20.02.1998 (ВУ). -10 с.
3. Свидетельство на полезную модель РФ № 8805 МКИ RU 8805 U1. Тонкопленочный полупроводниковый газовый сенсор / Лугин В.Г., Зарапин В.Г., Жарский И.М. БГТУ. Приоритет от 05.05.1998. -2 с.