

УДК 621.317.39.084.2

ДВУХЭЛЕКТРОДНЫЙ ВЫСОКОСЕЛЕКТИВНЫЙ СЕНСОР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

Реутская О.Г.¹, Таратын И.А.¹, Осипов А.Н.², Горох Г.Г.²

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Разработан двухэлектродный высокочувствительный селективный сенсор для раннего обнаружения малых концентраций CO (10–100 ppm) и H₂ (0,1 %) в среде горючих газов (CH₄ – 1000 ppm). Предложен состав и метод формирования газочувствительного слоя сложного композита на основе In₂O₃–SnO₂–Co₃O₆ с наночастицами золота, обеспечивший наиболее высокий сенсорный отклик к Co, а также удовлетворительное время срабатывания и восстановления чувствительных элементов двухэлектродных газовых сенсоров на фоне горючих газов.

Ключевые слова: полупроводниковый датчик, золь-гель метод, двухэлектродный сенсор.

TWO-ELECTRODE HIGHLY SELECTIVE SENSOR FOR DETECTION OF CARBON

Reutskaya O.G.¹, Taratyn I.A.¹, Osipov A.N.², Gorokh G.G.²

¹Belarusian National Technical University

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. A two-electrode highly sensitive selective sensor has been developed for early low concentrations detection of CO (10–100 ppm) and H₂ (0.1 %) in flammable gases (CH₄ – 1000 ppm). A composition and method for forming the gas-sensitive layer of a complex composite based on In₂O₃–SnO₂–Co₃O₄ with gold nanoparticles is proposed, which provides the highest sensory response to Co and H₂, as well as satisfactory response and recovery time of the two-electrode gas sensors sensitive elements against the background of flammable gases.

Key words: semiconductor sensor, sol-gel method, two-electrode sensor.

Адрес для переписки: Реутская О.Г., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: oreutskaya@bntu.by

Металлооксидные полупроводниковые материалы системы In–Sn–O широко используются в газовых сенсорах, при этом функциональность и эффективность таких материалов определяется их химическим составом и структурными параметрами [1]. Кроме этого, на их чувствительность и селективность большое влияние оказывают добавки благородных металлов [2]. При разработке газовых сенсоров для систем раннего обнаружения пожаров существует проблема создания высокочувствительных селективных сенсоров, способных реагировать на малые концентрации CO и H₂ в газовой смеси, содержащей относительно высокие концентрации горючих газов. В настоящей работе представлены результаты создания селективного сенсора к CO и слабо реагирующего на CH₄.

Конструкция двухэлектродного сенсора представляла собой нагреватель в виде платинового двухпетельного меандра, в центральном зазоре которого располагался измерительный электрод. Питание нагревателя осуществлялось от источника постоянного тока, положительный контакт которого был соединен с положительным контактом измерительного электрода, в цепи которого находился микроамперметр, регистрирующий изменения тока при измерениях. Величина зазора между платиновыми проводниками нагревателя и

измерительным электродом составляла 30 мкм. Сопротивление нагревателя 16 Ом.

В качестве газочувствительного слоя была использована многокомпонентная металлооксидная керамика на основе In₂O₃–SnO₂–Co₃O₄ с наночастицами золота. Газочувствительный слой формировали золь-гель методом с промежуточной термической обработкой ксерогелей. Сначала на горячую кремниевую подложку наносили раствор In₂O₃(95 %)–SnO₂(5 %) после чего его подвергали термодинамическому отжигу при температуре 600–650 °C в течение 50 часов. Затем наносили раствор ацетата кобальта (<5 %), а после сушки на полученную пленку наносили раствор H₂AuCl₄ и подвергали всю систему отжигу при температуре 800–850 °C в течение 8 часов. Содержание Au составляло не менее 0,05–0,01 %. Последовательное нанесение оксидов и термическая обработка позволило добиться минимизации размеров кристаллитов формируемых композитов и возрастания их удельной поверхности, что способствовало повышению чувствительности слоя. Толщина сформированного слоя составляла 150 мкм, а его сопротивление в зазоре 1,6 кОм.

Исследование отклика сенсора на CO и H₂ проводили на экспериментальном стенде, состоящем из измерительной ячейки, системы создания и

поддержания заданной газовой среды в ячейке и приборов измерения электрических сигналов. Для разбавления поверочной газовой смеси использовали газогенератор. В качестве поверочной газовой смеси использовали газовую смесь с содержанием анализируемого газа заданной концентрации. Газом-разбавителем служил очищенный воздух ($2O_2 + N_2$). Контроль над ходом эксперимента осуществляли при помощи информации, фиксируемой измерительными приборами, микроконтроллерами потока газа газогенератора, передаваемой на персональный компьютер. Отклик сенсорной структуры к анализируемым газам снимали при потребляемой мощности нагревателя, обеспечивающей максимальный отклик. Цикл измерений начинали с включения клапанов газогенератора в сочетании, обеспечивающем минимальное содержание исходного газа в газовой смеси, после чего газовая смесь после предварительной прокачки подавалась в измерительную ячейку.

Вольтамперная характеристика сенсора представлена на рисунке 1.

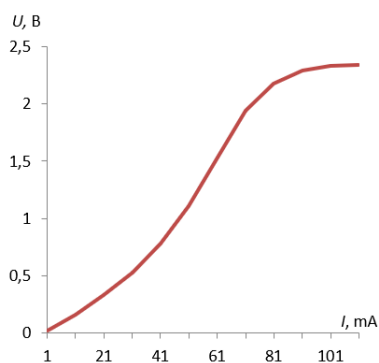


Рисунок 1 – Воль-амперная характеристика нагревателя двухэлектродного сенсора

Токи на нагревателе при измерении CO находятся диапазоне 60–80 мА (220–240 °С). Выбор композиции для газочувствительного слоя был обусловлен высокой избирательностью материалов к детектированию горючих и взрывоопасных газов таких как CO и CH_4 . Результаты измерения

выходных сигналов сенсоров на CO (10–100 ppm) представлены на рисунке 2. Сенсор реагирует на малые концентрации CO, чувствительность возрастает с увеличением концентрации. При этом этот сенсор практически не реагирует на метан при концентрациях от 100 ppm до 1000 ppm. Его чувствительность к CH_4 на несколько порядков (в зависимости от концентрации) ниже чувствительности к CO и H_2 .

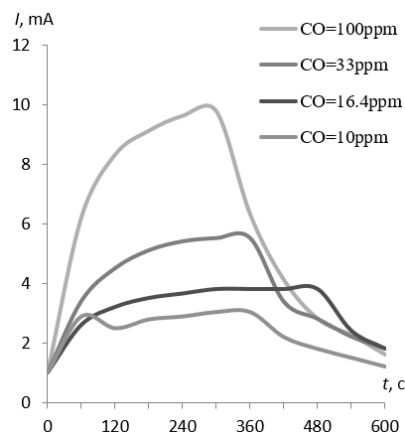


Рисунок 2 – Сигнал сенсора при воздействии CO

Проведенные исследования показали, что разработанные двухэлектродные сенсоры с газочувствительными слоями на основе многокомпонентной металлооксидной керамики на основе $In_2O_3-SnO_2-Co_3O_4$ с наночастицами золота обладает высокой селективностью к CO и практически не реагируют на относительно высокие концентрации CH_4 .

Литература

1. A Micropowered Chemoresistive Sensor Based on a Thin Alumina Nanoporous Membrane and $SnxBixMo_yO_z$ Nanocomposite. / G. Gorokh [et al.] // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – P. 3640–3657.
2. Гайдук, Ю.С. Влияние добавок благородных металлов на газочувствительные свойства оксида вольфрама, полученного золь-гель методом / Ю.С. Гайдук, А.А. Савицкий // Весці НАНБ. Серія хім. навук. – 2015. – № 4. – С. 11–16.