

УДК 681.2.082

ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ

Реутская О. Г., Таратын И. А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Совершенствование процессов микромеханической обработки материалов для создания компонентов газовых сенсоров приводит к необходимости использования высокоточных лазерных установок. Изготовлены газовые сенсоры на подложках пористого оксида алюминия с применением технологии лазерного формирования. В качестве газочувствительного слоя выбран состав $\text{In}_2\text{O}_3+\text{Ga}_2\text{O}_3$ в среде HNO_3 . Получена вольт-амперная характеристика представленного сенсора. При воздействии спирта во время регистрации сигнала наблюдаются различные механизмы срабатывания: каталитический и полупроводниковый.

Ключевые слова: газовый сенсор, лазерное формирование, полупроводниковый слой.

LASER FORMING TECHNOLOGY IN GAS SENSORS DEVELOPMENT

Reutskaya O., Taratyn I.

Belarusian National Technical University

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. Improvement of micromechanical processing of materials for creating components of gas sensors leads to the need to use high-precision laser installations. Gas sensors on porous aluminum oxide substrates are manufactured using laser formation technology. The composition $\text{In}_2\text{O}_3+\text{Ga}_2\text{O}_3$ in the HNO_3 medium is selected as a gas-sensitive layer. The volt-ampere characteristic of the presented sensor is obtained. When exposed to alcohol during signal recording, various response mechanisms are observed: catalytic and semiconductor.

Key words: gas sensor, laser formation, semiconductor layer.

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

Для создания широкой номенклатуры компонентов электронной техники и микромеханических датчиков используют многостадийные технологические процессы, которые включают подготовку и обработку материалов, разработку новых технологических процессов, моделирование конструкций и создание макетов, экспериментальных образцов и изготовление опытных образцов изделий. Применение прецизионных методов лазерной обработки материалов для электронной техники позволяет актуализировать МЭМС-технологии для создания нового поколения датчиков и систем широкого диапазона использования в промышленности, решения вопросов национальной и экологической безопасности, развития биотехнологии и защиты населения от опасных факторов окружающей среды. Учитывая жесткие требования по предъявляемым требованиям к МЭМС-датчикам и системам на их основе, требуемые технические характеристики разрабатываемых устройств могут быть обеспечены только с применением соответствующих материалов (кремний, пористый оксид алюминия, ситалл и др. материалы). Чувствительные элементы представляют собой тонкие подложки и мембраны со сложными вариантами конструкций [1].

На подложках из пористого оксида алюминия с применением технологии лазерного формирования были получены образцы чувствительных элементов газовых сенсоров, один из которых представлен на рисунке 1.

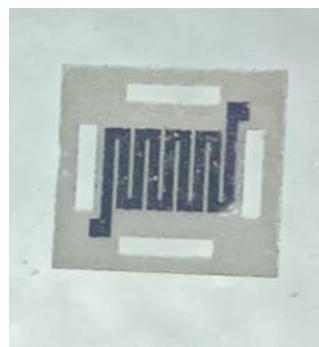


Рисунок 1 – Образец чувствительного элемента газового сенсора на подложке пористого оксида алюминия

Чувствительный элемент представляет собой кристалл размером $1,2 \times 1,2 \text{ мм}^2$ из оксида алюминия с пористостью 40 % и толщиной 60 мкм (рисунок 1). На поверхности пластины располагается нагреватель из тугоплавкого металла. В области нагревательного элемента сформированы отверстия, которые позволяют снизить тепловые потери и потребляемую мощность сенсора [2].

Чувствительный элемент был получен в процессе лазерной обработки пластины пористого оксида алюминия, сформирована топология чувствительного элемента и сквозная перфорация в виде «окон» вдоль нагревательного элемента. Затем чувствительный элемент по средствам гибкой связи закрепили в корпус методом контактной

сварки и нанесли газочувствительный полупроводниковый слой.

В качестве газочувствительного слоя применялся состав $\text{In}_2\text{O}_3+\text{Ga}_2\text{O}_3$ в среде HNO_3 , полученный золь-гель методом. Активный слой сформировался на двух сторонах чувствительного элемента. Для стабилизации поверхности полученного чувствительного элемента был проведен отжиг при мощности 220 мВт. На «рисунке 2» представлен внешний вид сенсора без газопроницаемого колпака со сформированным газочувствительным слоем.



Рисунок 2 – Чувствительный элемент газового сенсора с полупроводниковым газочувствительным слоем, закрепленный гибкой связью

После формирования и стабилизации газочувствительного слоя получена вольт-амперная характеристика газового сенсора (рисунок 3).

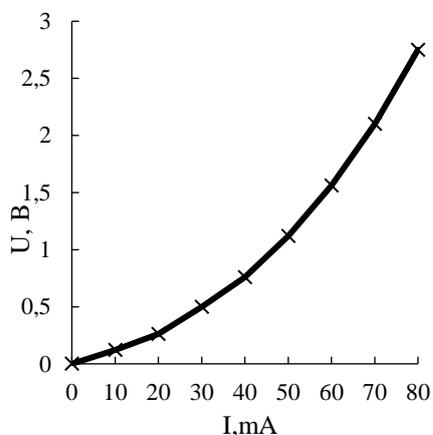


Рисунок 3 – Вольт-амперная характеристика газового сенсора с полупроводниковым газочувствительным слоем

Стабилизация газочувствительного слоя осуществлялась при воздействии тока $I = 71$ мА

и напряжении $U = 2,2$ В в течение 96 часов. Затем были проведены измерения выходного сигнала сенсора при различной мощности.

Сигнал и его быстродействие определялись по воздействию паров спирта. Время срабатывания при мощности потребления 50–100 мВт не превышало 5 с. Возврат значения напряжения в первоначальное состояние происходил медленно в течение 4–5 мин.

Установлено, что при мощностях 100–158 мВт наблюдается катализ при воздействии паров спирта. После повторения длительного отжига наблюдается повторение сигнала каталитического типа. Исследования проводились для 7 образцов, изготовленных методом лазерного формирования.

Полученные в результате исследований результаты могут быть определены рядом факторов, в том числе особенностью активации поверхности сенсора после лазерной обработки [1].

Предложенные сенсоры отличаются стабильностью сигналов во времени. На их основе будут построены газовые микросистемы для обнаружения горючих и токсичных газов.

Разработка газовых сенсоров с применением лазерной обработки позволяет создавать сверхтонкие элементы конструкции сложной топологии в одном технологическом процессе с возможностью воспроизведения нескольких однотипных элементов.

С использованием лазерной установки на одной технологической подложке можно изготавливать как несколько объектов с различающимися элементами конструкции, так и однотипные серии устройств. Такой подход к технологии приводит не только к техническим преимуществам, но и значительным экономическим выгодам в части изготовления датчиков не только в мелкосерийном производстве, но и возможности внедрения в серийное производство.

Литература

1. Лазерная микрофрезеровка в мелкосерийном производстве металлооксидных датчиков на основе керамических мембранных структур по МЭМС-технология / Н. Н. Самоаев [и др.] // Датчики и системы. – 2019. – № 5. – С. 54–58.
2. Реутская, О. Г. Мультисенсорная микросистема для измерения концентрации газов CO , H_2 , C_3H_8 , CO_2 / О. Г. Реутская, И. А. Таратын, Ю. М. Плещачевский // Приборы и методы измерений. – 2016. – Т. 7, № 3. – С. 271–278.