

Таблица 3 - Расчет годовых амортизационных затрат используемого оборудования

Наименование	Срок службы, лет	Годовая норма амортизации для данной группы, %	Цена оборудования, руб	Годовая амортизация, руб
Бактерицидная лампа	10	5	22	2,2
Датчик движения	15	6,6	8,3	0,55
Датчик реального времени	15	6,6	21	0,55
Итого:				3,3

Таким образом, мы получаем достаточно экономичную систему кварцевания учебных аудиторий, которая безопасна и не препятствует учебному процессу.

Список использованных источников

1. [Электронный ресурс]:
https://aliexpress.ru/item/1005003093327327.html?sku_id=12000024038379535&spm=a2g2w.productlist.0.0.24653571QJI7NZ. Дата доступа: 20.11.2021
2. [Электронный ресурс]:
https://aliexpress.ru/item/1005002318195485.html?item_id=1005002318195485&sku_id=12000020058203589&spm=a2g2w.productlist.0.0.479731e4FcZYm7 Дата доступа: 20.11.2021
3. [Электронный ресурс]: <https://aliexpress.ru/item/4000891534159.html>
 Дата доступа: 20.11.2021

УДК 543.27.8

Н.М. Олиферович, М.А. Анкуда, Д.С. Карпович
 Белорусский государственный технологический университет
 Минск, Беларусь

МЕТОД МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ

***Аннотация.** Целью работы является установление технологических особенностей функционирования осажденных магнетронным методом пленок для применения их в газоанализаторах. Актуальность проблемы обусловлена повышением в общей доле измерения технологических параметров величин, связанных с определением качественного состава газовых смесей.*

N.M. Oliferovich, M. A. Ankuda, D. S. Karpovich

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

MAGNETRON SPRAY METHOD FOR SENSITIVE ELEMENTS OF GAS ANALYZERS

***Abstract.** The aim of this work is to establish the technological features of the functioning of films deposited by the magnetron method for their use in gas analyzers. The urgency of the problem is due to the increase in the total share of measuring the technological parameters of the values associated with the determination of the qualitative composition of gas mixtures.*

Газоанализаторы, принцип действия которых основан на взаимодействии оксидов металлов с анализируемыми воздушными средами, весьма перспективны для анализа количественного и качественного состава газов. В данных приборах используется свойство избирательной чувствительности некоторых оксидов при различных температурах, что, в свою очередь, позволяет осуществлять комплексный анализ многокомпонентных газовых смесей. При этом необходим учитывать электрические свойства и особенности поведения чувствительного элемента, которые могут быть задействованы в качестве исходных данных для проведения анализа.

В полупроводниковых газоанализаторах используется эффект изменения электрического сопротивления некоторых полупроводниковых материалов (поверхностей монокристаллов, пленок), возникающего вследствие адсорбции газа. Структурную схему сенсора можно представить на рисунке 1.

В основе работы полупроводниковых сенсоров на оксидных пленках лежит изменение проводимости чувствительного слоя полупроводника, которых наносят на какое-либо основание. Известно, что чувствительность датчика к конкретному газу зависит от материалов, легирующих полупроводник, и от его температуры. По этой причине существующие газоанализаторы полупроводникового типа снабжают системой подогрева для повышения их чувствительности к газовому компоненту.

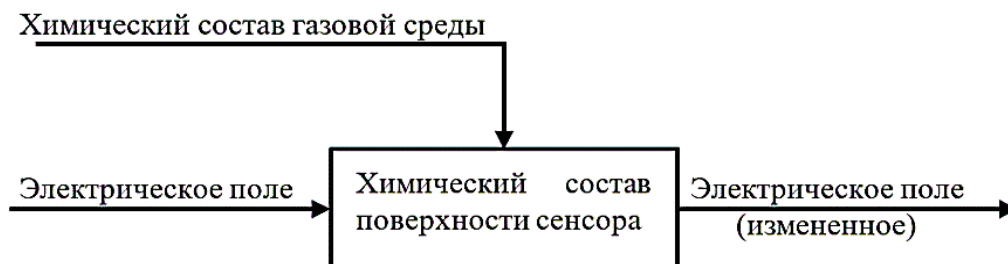
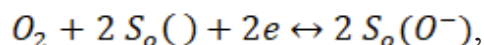


Рисунок 1 – Структурная схема полупроводникового сенсора

Основной теорией, объясняющей процессы, происходящие на поверхности полупроводника, является теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Согласно этой теории в воздушной среде на поверхностных центрах полупроводника может адсорбироваться кислород в молекулярной или атомарной форме как акцептор электронов, из рабочей зоны поверхности полупроводника, в результате чего поверхность приобретает отрицательный заряд. Данное явление можно описать выражением:

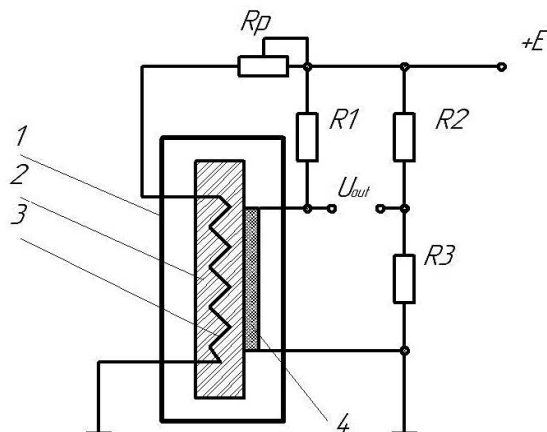


где: O_2 – молекула кислорода в воздушной среде; $S_o()$ – свободный поверхностный центр адсорбции кислорода; $S_o(O^-)$ – адсорбированный атом кислорода; e – электрон поверхностного слоя.

В приповерхностном слое концентрация свободных носителей заряда уменьшается. При появлении исследуемого газа на поверхности сенсора будет происходить процесс его окисления с последующим выделением электронов в обедненный поверхностный слой, что приведет к повышению его проводимости.

Адсорбционные свойства исследуемых газов зависят от температуры поверхностного слоя датчика, которая будет уникальной для различных соединений. Для обнаружения газов наиболее приемлемым из представленных в таблице, на сегодняшний день, является диоксид олова SnO_2 с различными легирующими добавками. Подбором легирующих добавок и рабочей температуры можно достичь повышения чувствительности сенсора.

Таким образом, полупроводниковый газоанализатор должен содержать поверхностный слой с определенным легированным составом и систему подогрева датчика. В общем случае полупроводниковый газоанализатор можно представить в виде схемы (рисунок 2).



1 – корпус чувствительного элемента; 2 – подложка керамическая; 3 – спираль нагрева; 4 – полупроводник

Рисунок 2 – Электрическая схема газоанализатора полупроводникового типа

От источника напряжения $+E$ происходит нагрев с помощью спирали 3 керамической подложки 2 и полупроводника 4. Температуру нагрева датчика можно устанавливать с помощью регулируемого резистора R_p . По краям легированного полупроводника, проводимость которого будет меняться под действием исследуемого продуваемого газа, размещают два электрода. В результате между электродами возникает некоторое параметрическое сопротивление R_d . Сопротивление R_d вместе с R_1, R_2, R_3 образует мостовую схему, которое позволяет переводить изменение сопротивления датчика в электрический сигнал U_{out} .

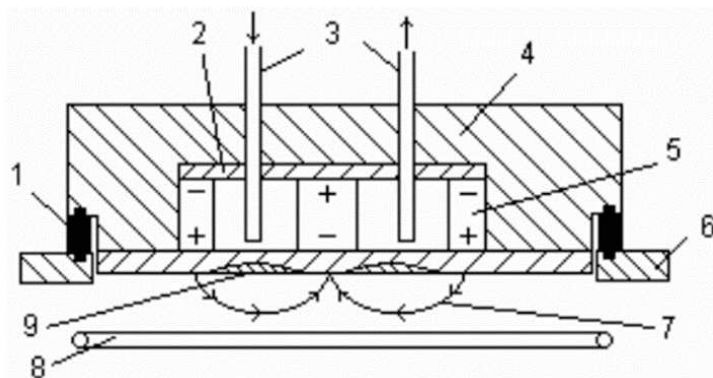
Для обнаружения различных газов можно создавать матрицу полупроводниковых ячеек с различным легированием под различные газовые компоненты. При этом лучше создавать систему управления выбором ячеек сенсорной матрицы, переключение между которыми позволит создавать датчики многокомпонентных газовых смесей.

Для нанесения слоя полупроводника предполагается использовать метод магнетронного распыления [1]. В основе метода лежит катодное распыление мишени в плазме магнетронного разряда. Мишень является источником распыляемого материала и выполняет функцию катода. В результате столкновения электронов с молекулами инертного газа (аргона) в камере над поверхностью катода образуется плазма. Положительные ионы аргона, образующиеся в плазме, ускоряются в направлении катода – мишени и бомбардируют его поверхность, выбивая из неё частицы материала. Выбитые с поверхности мишени частицы осаждаются на поверхности подложки.

К преимуществам магнетронного распыления относят:

- высокая скорость распыления при низких рабочих напряжениях (и при небольших давлениях рабочего газа;
- отсутствие перегрева подложки;
- малая степень загрязнения пленок;
- возможность получения равномерных по толщине пленок на большей площади подложек.

Схема установки магнетронного распыления представлена на рисунке 3.



1 – изолятор; 2 – магнитопровод; 3 – система водоохлаждения; 4 – корпус катодного узла; 5 – постоянный магнит; 6 – стенка вакуумной камеры; 7 – силовые линии магнитного поля; 8 – кольцевой водоохлаждаемый анод; 9 – зона эрозии распыляемого катода

Рисунок 3 – Установка магнетронного распыления

Таким образом, при создании газоанализаторов первой задачей будет создание полупроводниковых ячеек с различным легированным составом под конкретные газовые составляющие. Второй задачей видится создание системы управления, которая обеспечит необходимый температурный режим для каждой газовой составляющей и переключение между ячейками матрицы полупроводникового сенсора.

Список использованных источников

1. Sensors for chemical and biological applications / ed. by M.K.Ram, V.R.Bhethanabotla. - Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis, 2010. - xi, 378 p.: ill. - Bibliogr. at the end of the chapters. - Ind.: p.371-378. - ISBN 978-0-8493-3366-8.