

производительности, уменьшение энергозатрат и повышение формоустойчивости готового изделия.

ВЫВОДЫ

Исходя из вышеизложенного, можно установить рациональные технологические режимы для проектирования высокоэффективной энергосберегающей сушильной установки: температура сушки 90-120 °С, время сушки 5-10 мин. При проектировании установки также необходимо учитывать направление теплового потока и его взаимодействие с обрабатываемым материалом.

Список использованных источников

1. Справочник обувщика / под общ. ред. И. И. Стешова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Легкая индустрия, 1972. – 344с.
2. ELETTROTECNICA B.C., HEAT SETTER mod. № 211-290-291-293 [Electronic resource] / Mode of access: <http://www.elettrotecnicabc.com> – Date of access: 10.12.2005.
3. Product News: PROCESS EQUIPMENT DEVELOPMENTS P.E.D. (STADEN) LTD / Earls Barton Industrial Estate; Mallard Close. – England, 2000. – 3 с.
4. NOUVEAU MODÈLE: tunnel autonome de vieillissement 490N, 490N1/ ANVER s.a. – Paris, 1996. – 1 с.
5. Карагезян, Ю. Современное зарубежное оборудование обувного производства / Ю. Карагезян, Ю. Алексеев, П. Бриш. – Москва : Легпромиздат, 1993. – 192 с.
6. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – Москва : Энергия, 1968. – 470 с.
7. Макаренко, Е. Ф. Расчет теплопроизводительности сушильных установок проходного типа / Е. Ф. Макаренко, В. И. Ольшанский, А. И. Ольшанский // Актуальные проблемы науки, техники и экономии производства изделий из кожи : сборник статей международной научной конференции, 4-5 ноября 2004 г. / УО «ВГТУ». – Витебск. – 2004. – С. 204-207.

SUMMARY

Article is devoted to the analysis of parameters of modern equipments for drying of footwear. As a result of the spent analysis their influence on productivity of equipments is revealed and the experimental drying equipment with chambers of two types is made: a - as a box, b - as a vortical pipe.

The research on drying of samples of shoe materials on experimental equipment is spent. As a result of the spent research the rational characteristics for designing highly effective of drying equipment are established.

УДК 53.084.2

МАТРИЧНЫЙ КРИСТАЛЛ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ: ИЗГОТОВЛЕНИЕ, ХАРАКТЕРИСТИКИ

В.М. Колешко, А.В. Сергейченко, И.А. Таратын, Л.Б. Нагамов

Разработана конструкция и технология изготовления матричного кристалла газовых сенсоров. Исследованы теплоэнергетические характеристики в статическом и динамическом режимах работы. Промоделирована зависимость распределения тепла по площади чувствительного элемента от топологии тонкопленочного нагревателя. Исследованы газочувствительные свойства.

Введение. Развитие техники, появление новых сложных и зачастую опасных технологий, возрастающая с каждым годом опасность террористических актов с применением взрывчатых и отравляющих веществ требуют повсеместного внедрения компактных сенсорных устройств, характеризующихся высокими показателями чувствительности, быстродействия и низким энергопотреблением. Данные устройства – газовые сенсоры, осуществляют контроль за содержанием определенных компонентов в газовой среде или атмосфере.

В настоящее время для оснащения как мобильных, так и стационарных устройств газового анализа широко применяются металлооксидные газовые сенсоры. Определенным недостатком данного типа сенсоров считается их перекрестная чувствительность одновременно ко многим газам. Однако, используя линейку или матрицу таких неселективных сенсоров, в которой каждый сенсорный элемент (СЭ) обладает специфической чувствительностью по отношению к определяемому компоненту газовой среды, возможно создание сенсорных систем, способных с высокой точностью определять состав, в том числе многокомпонентных газовых сред.

Наилучшим образом выполнению таких требований, как высокое быстродействие, чувствительность, компактность и низкое энергопотребление, отвечают сенсоры, выполненные по МЭМС технологии [1].

1. Конструкция и технология изготовления. Разработана конструкция, технология изготовления и исследованы характеристики матричного кристалла металлооксидных газовых сенсоров. Матричный кристалл представляет собой пластину монокристаллического кремния размером $6 \times 7 \text{ мм}^2$, в которой методами химического микропрофилирования сформированы четыре сенсорных элемента. На поверхности пластины сформирован электроизолирующий слой оксида кремния. Платиновые тонкопленочные нагревательные элементы выполняют одновременно роль сенсорных электродов. Сенсорные элементы размером $800 \times 800 \text{ мкм}$ соединены с массивом кристалла посредством упругих подвесов-торсионов. Одновременно с поддерживающей торсионы выполняют и теплоизоляционную функцию. Газочувствительный слой изготавливается по золь-гель технологии [2], наносится поверх металлизации СЭ и представляет собой спеченную керамику из оксидов металлов. Схема технологического процесса изготовления матричного кристалла и его изображение приведены на рис. 1 и 2 соответственно.

2. Моделирование и исследование тепловых характеристик. Потери тепла в газовых сенсорах происходят за счет кондуктивного теплообмена СЭ с основанием кристалла, конвекции и излучения. При этом основные тепловые потери происходят по кондуктивному механизму [3].

Распределение тепла по площади СЭ определяется в основном двумя основными факторами: направлением основного теплостока и топологией нагревательного элемента. В разработанном нами матричном кристалле основные тепловые потери происходят по подвесам-торсионам. Для оценки влияния топологии тонкопленочного нагревательного элемента на распределение теплового поля по площади СЭ было проведено твердотельное конечно-элементное моделирование.

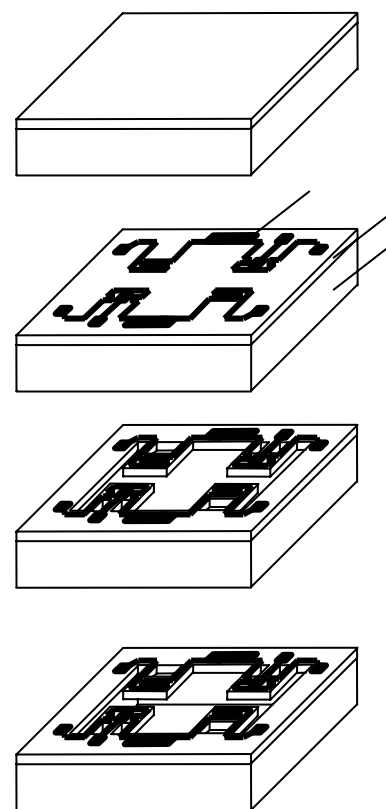


Рисунок 1 - Схема процесса изготовления матричного кристалла
1- Si; 2- SiO₂; 3- Pt
а- формирование диэлектрика; б- формирование металлизации; в- формирование СЭ; г- сквозное травление пластины

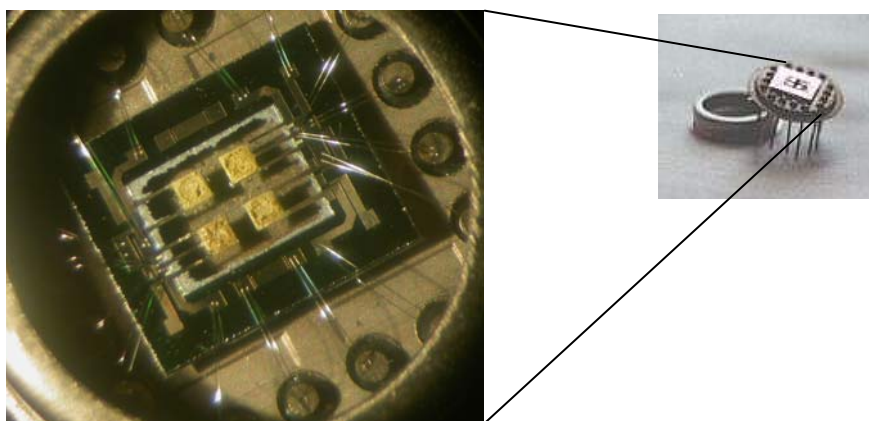


Рисунок 2 - Матричный кристалл газовых сенсоров

Предварительно было получено теплораспределение для топологии «меандр». На основании полученных результатов была разработана новая топология нагревательного элемента, позволяющая создавать более однородное температурное поле по площади ЧЭ. Результаты моделирования теплораспределения представлены на рис. 3.

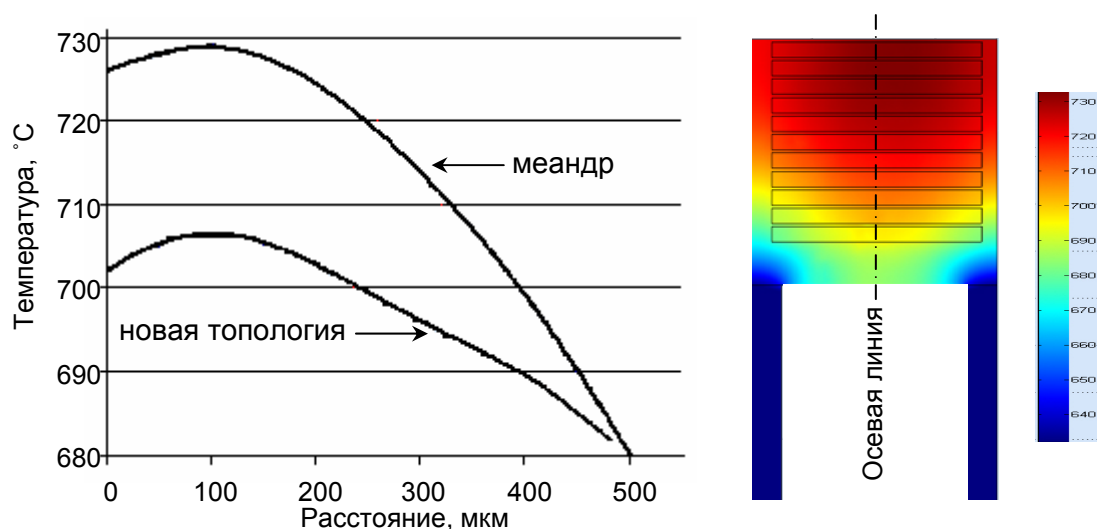


Рисунок 3 - Внешний вид температурного поля и распределение температуры вдоль осевой линии сенсорного элемента

Исследования тепломощностных характеристик сенсорных элементов матричного кристалла показали, что при работе всех СЭ для достижения рабочей температуры порядка 400 °С требуется мощность не более 150 мВт (см. рис. 4).

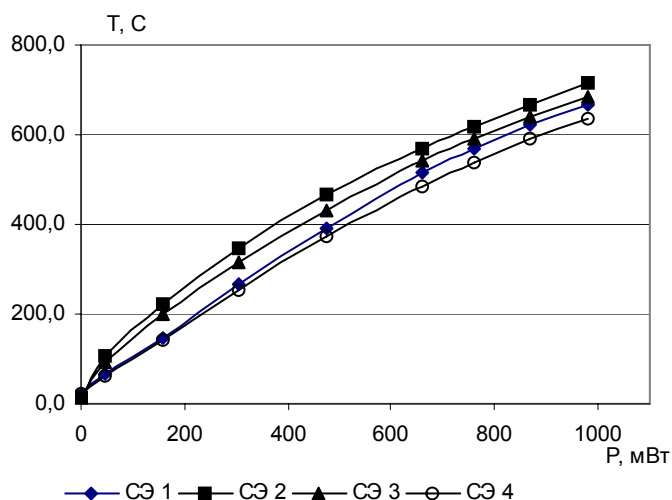


Рисунок 4 - Зависимость температуры сенсорных элементов матричного кристалла от суммарно потребляемой мощности

3. Исследование газовой чувствительности. Исследования газовой чувствительности сенсорных элементов матричного кристалла проводились в атмосфере искусственного воздуха (21% O₂ + 79% N₂) с содержанием водяных паров в нем не более 0,002 мг/м³.

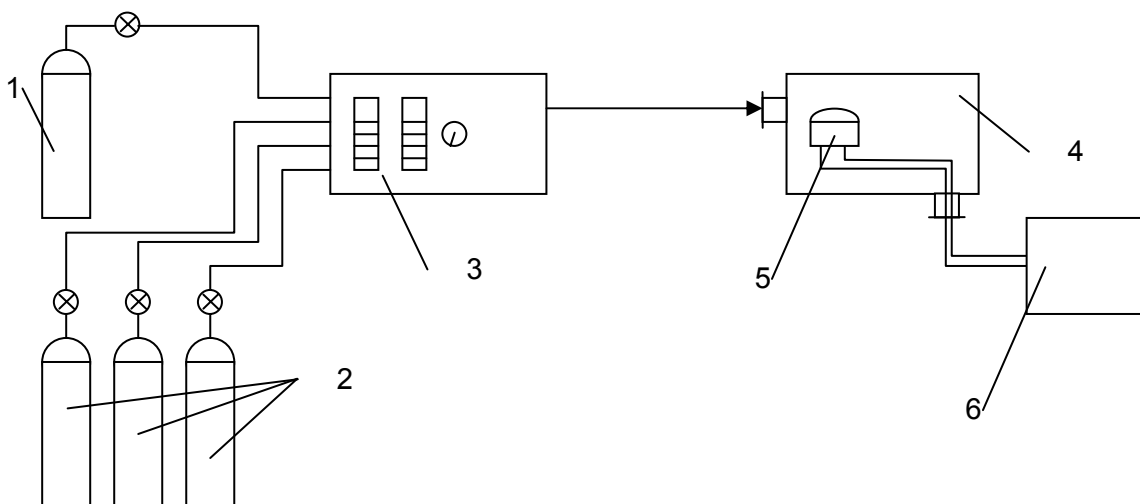


Рисунок 5 - Схема установки измерения газовой чувствительности

- 1 – баллон с искусственным воздухом; 2 – баллоны с исследуемыми газами;
- 3 – генератор газовой смеси; 4 – измерительная ячейка;
- 5 – матричный кристалл; 6 – измерительная схема

Для приготовления пробы газа определенной концентрации использовался генератор газовых смесей ГРМ 03. В качестве газа-разбавителя также использовался искусственный воздух (см. рис. 5).

На рис. 6 приведены результаты измерения сигналов СЭ матричного кристалла при воздействии 100 ppm водорода, монооксида углерода и метана.

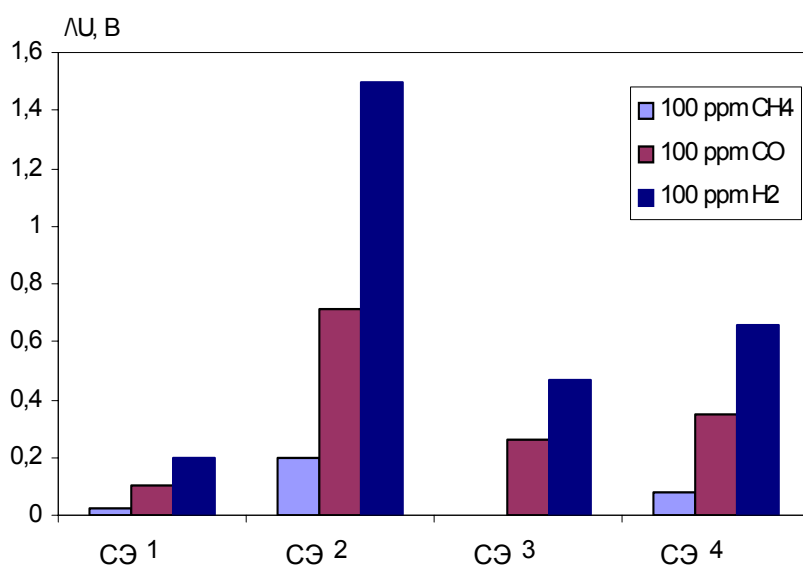


Рисунок 6 - Величины откликов СЭ матричного кристалла на воздействие газов

Все измерения газовой чувствительности проводились сериями для различных концентраций с целью определения стабильности работы сенсорных элементов при циклическом воздействии (см. рис. 7). Результаты исследований показали, что дрейф нулевого сигнала в серии измерений составляет не более 5% и его начальный уровень восстанавливается при последующем восстановительном отжиге.

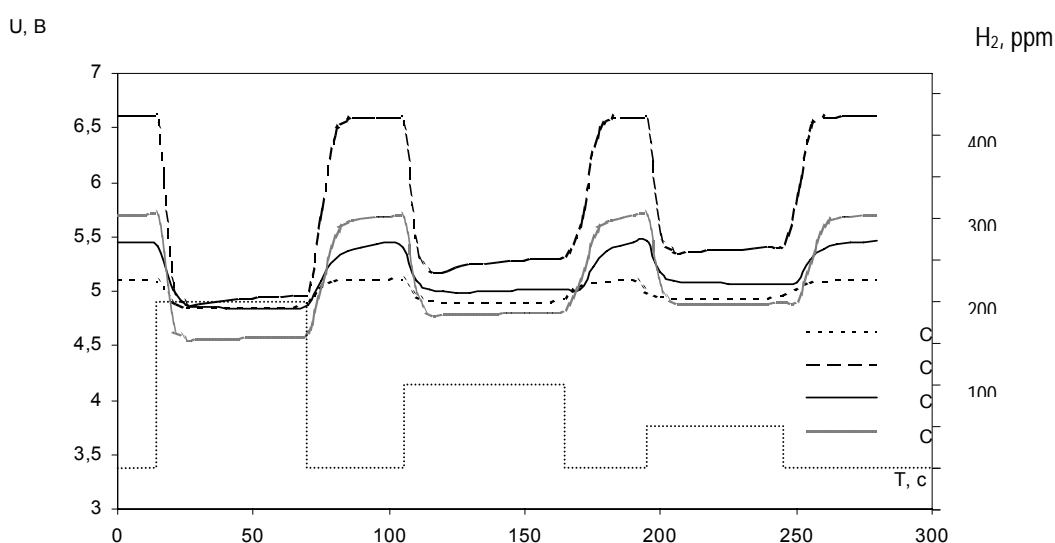


Рисунок 7 - Динамическая характеристика СЭ матричного кристалла при воздействии водорода

ВЫВОДЫ

С использованием МЭМС – технологии создан матричный кристалл газовых сенсоров. Он характеризуется компактностью, низким энергопотреблением, хорошим быстродействием: время установления сигнала 5 – 8 сек., время восстановления 12 – 17 сек. Сенсорные элементы кристалла обладают высокой чувствительностью, особенно к водороду. При длительной непрерывной работе (5000 ч.) дрейф нулевого сигнала составил 5%.

Список использованных источников

1. Колешко В.М., Сергейченко А.В. Металлооксидные микроэлектронные газовые сенсоры: Обзор. Ч. 1. Конструкции и материалы // Нано- и микросистемная техника, 2007. №2 с. 41-47.
2. Колешко В.М., Таратын И.А., Сергейченко А.В. Интегральные микросенсоры – основные элементы «электронного носа» для Мониторинга газовых сред // Машиностроение: Сб. науч. Трудов. Вып. 17. Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. с. 443-445.
3. Isold Simon, Nicolae Baarsan Micromachined metal oxide gas sensors: opportunities to improve sensor performance // Sensors and Actuators. - В (73). 2001. pp.1-26.

SUMMARY

The design and manufacturing techniques of gas sensors matrix crystal are developed. Heat power characteristics in static and dynamic operating modes are investigated. Dependence of distribution of heat on the area of a sensitive element from topology of a thin-film heater are modeled. Gassensors properties are investigated.

УДК 53

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ПРИ ДИСКРЕТНЫХ ВХОДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

А.А. Науменко

Для оценки такого важного качества системы, как управляемость, необходимо знание семейства реакций системы на входные воздействия. Как показали проведенные нами исследования, особый интерес представляет случай, когда хотя бы одно из входных воздействий носит дискретный характер. При этом возникают такие особенности динамики системы, которые не наблюдаются в системах с непрерывными входными воздействиями. Покажем эти особенности, используя полиномиальные модели, широко применяемые для описания технологических объектов и систем в легкой промышленности [1].

Пусть $Y(t)=f\{X_i(t)\}$ ($i=1,2,\dots,n$) - функция, описывающая n -входовую систему, где $X_i(t)$ – входные параметры или факторы, $Y(t)$ – выходной параметр или реакция системы, t – время. Для анализа динамики системы используем плоский фазовый портрет, принцип и техника построения которого представлены в работе [2]. В ней показано, что такой портрет может быть построен по временной последовательности значений выходного параметра $Y(t)$. Так как $Y(t)$ вторичен по отношению к определяющим его факторам $X_i(t)$, то вид фазового портрета, отображающего динамику системы, в решающей степени обусловлен видом функции $Y(t)=f\{X_i(t)\}$. Выявим, какими могут быть особенности динамики системы, обусловленные видом функции $Y(t)=f\{X_i(t)\}$. Для упрощения записи параметров $X_i(t)$ и $Y(t)$ опустим обозначение параметра t .

Аппроксимируем функцию, описывающую систему, вначале линейной полиномиальной моделью в виде

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n, \quad (1)$$

где $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ - постоянные коэффициенты. Рассмотрим, как распределяются на фазовом портрете значения выходного параметра системы Y в зависимости от значений факторов X_i , которые будем моделировать случайными некоррелированными числовыми последовательностями с равномерной функцией распределения на стандартном интервале $[-1;1]$, что даст возможность сравнивать