

17.- С. 445-451. 6. Колешико В.М., Самошкин М.А. Modelowanie matematyczne widzenia komputerowego przy sczytywaniu informacji graficznej I filtrowaniu sygnal video // Technologiczne systemy informacyjne w inzynierii produkcji I ksztalceniu technicznym. Lubelskie Towarzystwo Naukowe Societas Scientiarum Lublinensis. – Liblin 2001. – С. 290-297.

УДК 621.88.084

**В.М.Колешко, И.А.Таратын, А.В.Сергейченко**

## **МАТРИЦА НЕСЕЛЕКТИВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СЕНСОРОВ ЭЛЕКТРОННОГО НОСА**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

На протяжении всего времени развития металлоксидных полупроводниковых сенсоров разработчики данного направления в газовом анализе прилагали огромные усилия для создания высокоселективных детекторов газов. Однако новое течение, направленное на создание интеллектуальных устройств, способных распознавать как качественный, так и количественный состав газовых смесей, предъявляет к газовым сенсорам уже несколько иные требования. Данные устройства получили название «электронный нос» и газовые сенсоры, составляющие его основу, должны уже обладать не селективной чувствительностью к одному газу, а перекрестной чувствительностью к различным газам, запахам и парам.

Принцип работы электронного носа заключается в анализе сигналов, поступающих от линейки или матрицы неселективных газовых сенсоров при воздействии газа или смеси газов на их активные элементы.

Для проведения исследований были разработаны и изготовлены четыре типа образца с различными характеристиками активных слоев (АС). При изготовлении сенсоров использовались хорошо известные технологические методы планарной микроэлектроники. Подложка представляет собой кремниевый кристалл пассивированный с одной стороны диэлектрическими слоями  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{SiO}_2$  суммарной толщиной  $\sim 1,2$  мкм [1, 2]. На диэлектрике сформированы тонкопленочные платиновые терморезистор и сигнальный электрод. Причем, особенность топологии состоит в том, что нагревательный элемент одновременно является и вторым сигнальным электродом. К настоящему времени исследователями изучены на предмет чувствительности к газам практически все металлоксидные полупроводники [3]. Отработаны несколько методов формирования толстых полупроводниковых

пленок – активных элементов сенсоров [3, 4]. В данной работе исследовались сенсоры на основе широкозонных полупроводников  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Co}_3\text{O}_4$ . Для приготовления составов активных слоев использовались следующие исходные материалы: металлические Sn, In, Sb, Au, сплав ИТО с содержанием компонентов In 95 масс. % и Sn 5 масс.%, ацетат кобальта. Каждый из образцов имеет особую технологию формирования активного слоя (см. Рис. 1а,б,в,г). Нанесение растворов осуществлялось при помощи микрошприца с ценой деления 0,01 микролитра. Окончательный отжиг сенсоров проводился на воздухе путем подачи напряжения на нагревательные элементы. В итоге сенсоры имеют активные слои следующих составов:

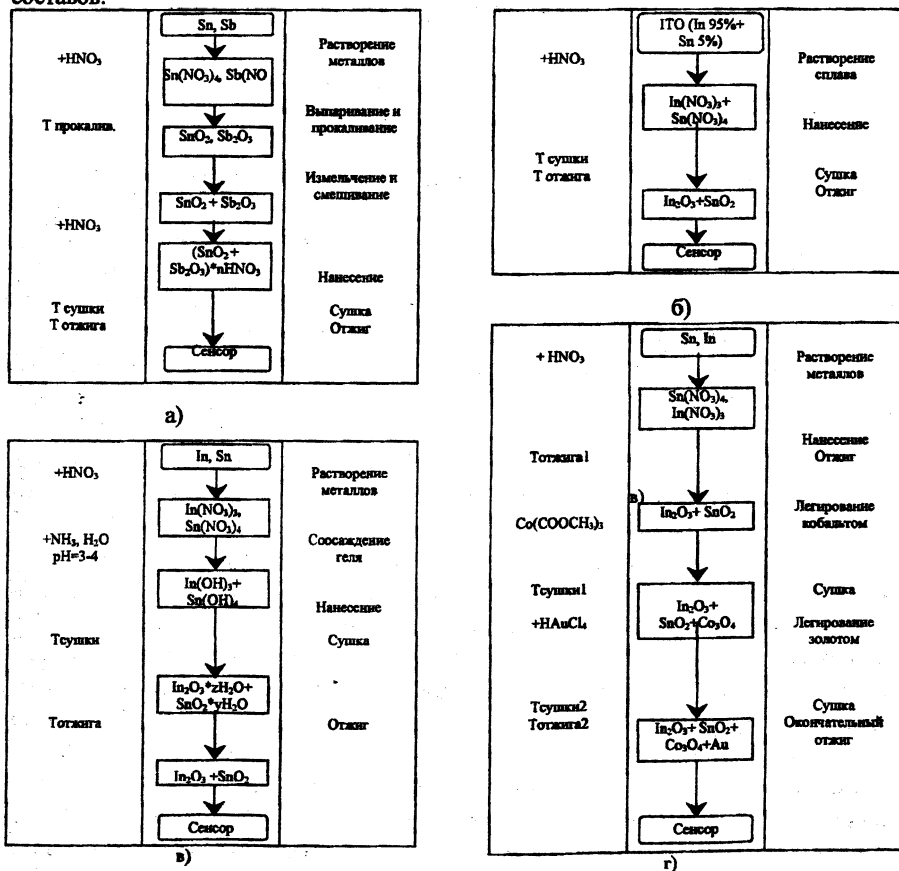


Рис. 1. Технологии формирования активных слоев неселективных сенсоров

АС образцов №1 -  $\text{SnO}_2+\text{Sb}_2\text{O}_3$ , рис. 1а;

АС образцов №2 -  $\text{In}_2\text{O}_3+\text{SnO}_2$  (95:5), рис. 1б;

АС образцов №3 -  $\text{In}_2\text{O}_3+\text{SnO}_2$  (95:5), рис. 1в;

АС образцов №4 -  $\text{In}_2\text{O}_3+\text{SnO}_2+\text{Co}_3\text{O}_4+\text{Au}$ , рис. 1г.

Исследуемый образец помещался в измерительную ячейку. Все измерения проводились в потоке искусственного воздуха: 21%  $\text{O}_2$  и 79%  $\text{N}_2$ . Содержание паров воды не более  $0,02 \text{ г/м}^3$ . Расход газов регулировался ротаметрами, которыми оснащен генератор газовой смеси. По показаниям вольтметра снимался исходный (нулевой) сигнал. Затем в измерительную ячейку подавался исследуемый газ определенной концентрации, задаваемой системой генератора. Искусственный воздух в данном случае выполнял роль газа-разбавителя. После проведения измерений реакции сенсора на исследуемый газ, измерительная ячейка вновь продувалась искусственным воздухом до установления на выходе нулевого сигнала.

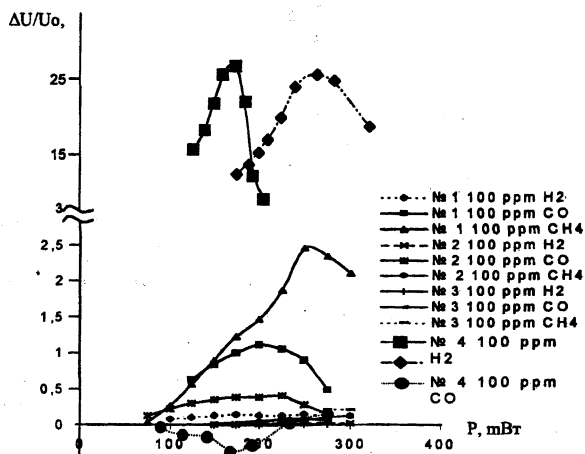


Рис. 2 Относительное изменение выходного напряжения сенсоров при воздействии  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$  для различных мощностей работы

Выходной сигнал от сенсора при наличии в атмосфере анализируемого газа – это результат установившегося адсорбционно-десорбционного процесса. Каждый газ характеризуется энергией взаимодействия с поверхностью полупроводника и с хемосорбированным на ней кислородом. Другими словами, величина сигнала и время срабатывания сенсора существенным образом зависят от температуры и имеет, как показывают исследования, экстремальные значения. В связи с этим нами прежде всего были проведены измерения с целью обнаружения оптимальной рабочей

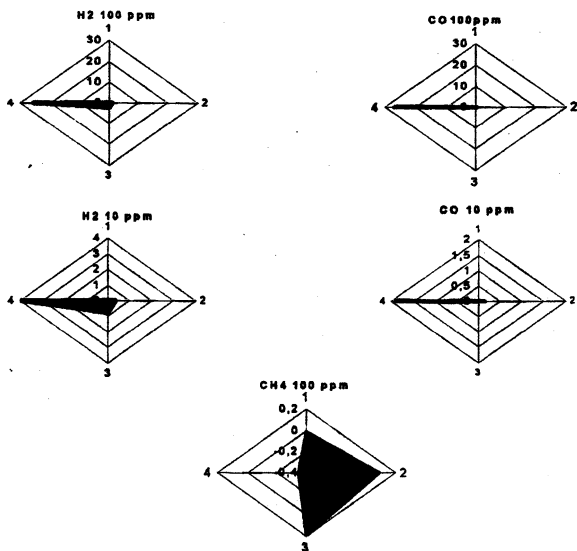


Рис. 3. Визуальные образы  $H_2$ ,  $CO$  и  $CH_4$  при различных концентрациях

температуры для каждого типа образца по отношению к каждому из исследованных газов. Концентрация газов при этом составляла 100 ppm. Результаты исследований приведены на рис. 2, где  $\Delta U/U_0$  – относительное изменение выходного напряжения сенсоров при наличии исследуемого газа;  $U_0$  – сигнал от сенсоров в воздухе. Дальнейшие измерения проводились при рабочих температурах сенсоров, соответствующих максимумам чувствительности для каждого газа.

Для того, чтобы иметь возможность определять не только состав газовой смеси, но и концентрацию входящих в нее газов необходимо знать зависимость выходных сигналов сенсоров от концентрации газов, а так же от внешних параметров, как-то атмосферного давления, относительной влажности и температуры окружающей среды. Были проведены исследования по определению зависимости выходного сигнала при изменении концентрации газов от 1 до 100ppm (кроме метана; последний измерялся лишь при концентрации в 100ppm). Остальные параметры оставались неизменными: температура воздуха составляла  $23 \pm 2^\circ C$ , а парциальное давление кислорода в воздухе и влажность определялись содержанием последних в искусственном воздухе.

На основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что, используя матрицу неселективных сенсоров можно составить «портрет» любого газа. Для этой цели могут быть использованы как сенсоры с различными активными слоями, так и сенсоры, активные слои которых сформированы по различной технологии.

«Портреты» для  $H_2$  и  $CO$  концентраций 100 ppm и 10 ppm, а так же для 100 ppm  $CH_4$  представлены на рисунке 3 (цифрами на рисунке указаны номера типов сенсоров).

Работа электронного носа – это обработка (сравнение) сигналов от множества сенсоров при подаче на них неизвестного газа с данными, полученными при калибровке устройства. Если множество сигналов от четырех сенсоров еще можно обработать простыми статистическими методами, то сделать то же с большей выборкой будет гораздо сложнее. Наиболее перспективным способом, который может быть использован в газовом анализе и особенно в устройствах типа «электронный нос» для распознавания образов – «портретов» являются искусственные нейронные сети [5,6]. Хотя и здесь не обходится без сложностей. Искусственные нейронные сети требуют продолжительной и кропотливой работы по их предварительному обучению, что будет отражено в следующей статье.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сергейченко А.В., Сахарчук С.П. Планарный полупроводниковый газовый сенсор /Материалы 21-го международного научного симпозиума студентов и молодых ученых.- Зелена Гура, 2000. 2. Таратын И.А., Сергейченко А.В. Сенсор оксида углерода /12-я Научно-техническая конференция «Датчик-2000», Гурузф. 3. Бутуриян А.И. Газочувствительные датчики на основе металлоксидных полупроводников // ЗЭТ.-1983.- №10.- С. 3. 4. Айвазов А.А. Современное состояние и перспективы развития производства толстопленочных датчиков // ЗЭТ.- 1991.- №7.- С. 36 5. E. Llobet, J. Rubio Electronic nose simulation tool centred on Pspice /Sensors and Actuators B 3788, (2001), P. 1–11. 6. Phillip Evans, Krishna C. Persaud Evaluation of a radial basis function neural network for the determination of wheat quality from electronic nose data /Sensors and Actuators B 69, (2000), P. 348–358.

УДК 621.3.049.77

В.М. Колешко, В.В. Ковалевский

## ЗАПОМИНАЮЩАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ ГИГАБИТНОЙ СУПЕРПАМЯТИ

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

Необходимо отметить, что получение устройства с таким большим объемом накопителя возможно (и экономически оправдано) только за счет использования схемотехнически простого запоминающего элемента, состоящего из транзистора и конденсатора. Поэтому проблема создания гигабитной полупроводниковой памяти