УДК 544.421:547.56

О.В.ЧЕРЕМИСИНА, *д-р техн.наук, доцент, ovcheremisina@yandex.ru*
Е.А.ЧЕРЕМИСИНА, *студентка, (812) 328-84-56*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
С.ЭЛЬ-САЛИМ, *д-р физ.-мат. наук, начальник лаборатории, (812) 318-70-12*
НИИЛ НП «ФАСО», Санкт-Петербург

O.V.CHEREMISINA, *Dr. in eng. sc., associate professor, ovcheremisina@yandex.ru*
E.A.CHEREMISINA, *student, (812) 328-84-56*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
S.EL-SALIM, *Dr. in phys.-math. sc., chief laboratory, (812) 318-70-12*
NIILNP «FASO», Saint Petersburg

СРЕДСТВА ИНДИКАЦИИ И МОНИТОРИНГА ВОЗДУХА

Современное техническое и технологическое состояние промышленных предприятий, связанных с опасным производством, экологическая обстановка, опасность проведения террористических актов требуют создания современных средств контроля параметров окружающей среды. В статье описывается система индикации и мониторинга атмосферного воздуха, отвечающая современным требованиям быстродействия, селективности, портативности и автономности, а также устойчивости к воздействию внешних факторов различной природы, предназначенная для решения указанной задачи.

Ключевые слова: контроль окружающей среды, идентификация веществ, мониторинг воздуха, поверхностная ионизация, адсорбция, полупроводник.

MEANS OF AIR INDICATION AND MONITORING

Technical and technological state of the modern industrial enterprises, ecological situation, danger of terroristic acts, require developing of modern means of the environment parameters monitoring. The article presents the system of indication and monitoring of atmospheric air, meeting the requirements of speed, selectivity, portability and autonomy, resistance to influence of external factors of various nature, intended to solve of the specified problem.

Key words: environment monitoring, substances identification, air, superficial ionization, adsorption, semiconductor.

Государственная политика в области обеспечения химической безопасности направлена на последовательное снижение до минимально приемлемого уровня риска воздействия опасных химических факторов на население, производственную и социальную инфраструктуру и экологическую систему.

Решение задач по снижению воздействия опасных химических факторов достигается путем создания государственной системы химической безопасности, предусматривающей категорирование, прогнозирование, предупреждение угроз химической безопасности и ликвидацию последствий.

Приоритетным направлением в области совершенствования промышленной политики является проведение комплекса мероприятий по развитию систем, средств и методов контроля и технической диагностики объектов и оборудования.

Задача обеспечения химической безопасности на предприятиях в рабочих, аварийных и критических ситуациях решается путем создания нового поколения аналитической техники, интегрированной в информационно-справочную систему, позволяющей обеспечить снижение уровня рисков воздействия опасных химических факторов

на биосферу, техногенную и экологическую систему, включая террористические проявления с использованием имеющегося и потенциального химического оружия.

Основная задача, возлагаемая на современные технические средства индикации, – оперативное обнаружение и заблаговременное оповещение населения, персонала объектов и формирований гражданской обороны о наличии токсичных веществ в воздухе, воде и почве. Технические средства индикации активно используются для проведения экологического мониторинга, контроля эффективности специальной обработки, управления средствами коллективной защиты, решения задач, имеющих большое значение для обеспечения химической защиты населения и объектов в условиях химического заражения.

Для решения задачи анализа токсичных химикатов в воздухе применен метод кинетического анализа на основе нанодисперсных полупроводниковых адсорбционных датчиков и сформированных на их основе аналитических систем.

В качестве чувствительных слоев используются нанодисперсные оксиды металлов (SnO_2, ZnO, NiO, Cu_2O, In_2O_3 и др.) с ярко выраженными полупроводниковыми свойствами, обогащенные сурьмой и легированные катализаторами Pb, Pd, Ag, Co, Mn и др. Развитая структура поверхности формируемых материалов газочувствительного слоя достигается технологическими приемами и составляет 60-90 $м^2/г$ [1].

Принцип действия полупроводниковых адсорбционных датчиков основан на измерении изменения электропроводности газочувствительного слоя при адсорбции на его поверхность молекул из газовой фазы. В атмосфере кислорода без примесей значение электропроводности газового сенсора стабильно и определяется концентрацией носителей заряда, переброшенных из валентной зоны в зону проводимости при заданном тепловом воздействии. При адсорбции молекул на поверхность газочувствительного слоя нарушается равновесное значение тока в зоне проводимости и происходит либо увеличение концентраций носителей заряда (при хемосорбции газа-донора), либо снижение их концентрации (при хемосорбции газа-акцептора). Изменения концентрации носителей определяют аналитический отклик датчика, который зависит от химического состава аналита и его концентрации [2].

Управление селективностью и чувствительностью газочувствительного слоя достигается введением в состав полупроводника металлов-катализаторов и управляемым нагревом, который позволяет поддерживать температуру поверхности датчика в диапазоне 100-800 °С с высокой точностью.

Применение полупроводниковых адсорбционных датчиков позволяет, во-первых, провести миниатюризацию проектируемых приборов, во-вторых, расширить класс определяемых веществ на качественном уровне, а также проводить количественный анализ с удовлетворительной погрешностью. Использование полупроводниковых адсорбционных датчиков и специальных методов обработки результатов измерений позволяет реализовать как пороговые, так и количественные методы аналитического контроля широкого спектра паров токсичных веществ и газов различного химического состава. Полупроводниковые адсорбционные датчики характеризуются высокой чувствительностью, достаточным быстродействием и малым энергопотреблением.

Основным недостатком полупроводниковых датчиков является низкая селективность к веществам-аналитам [3]. Повышение селективности достигается формированием мультисенсорных систем из датчиков, легированных разными металлами-катализаторами и вариацией температур нагрева в широком диапазоне, т.е. количество датчиков, составляющих мультисенсорную систему, определяет число степеней свободы по параметрам селективного обнаружения.

Применяемые полупроводниковые адсорбционные датчики, изготовленные на основе оксидов металлов, наиболее полно соответствуют современным требованиям аналитического контроля [4,5]. Используемые физико-химические принципы детектирования сигналов сочетаются с современными микроэлектронными технологиями, что обусловливает низкую стоимость изделий при массовом производстве и высокие технические и энергосберегающие характеристики.

В результате проведенных исследований разработана технологическая схема получения полупроводниковых газочувствительных материалов, обладающих селективными каталитическими свойствами. Для повышения селективности применены сложные гетероструктуры n-SnO_2, обогащенные Sb, для обеспечения активационных барьеров на гетерограницах поликристаллов. Подобные структуры использованы для создания датчиков резистивного типа с температурным управлением шириной запрещенной зоны.

Полупроводниковые адсорбционные датчики резистивного типа изготовлены по толстопленочной технологии, конструктивно образуют сложные системы. Технология изготовления включает следующие этапы:

• на диэлектрическую подложку типа ВК-96 (Al_2O_3) с каждой стороны методом трафаретной печати наносятся электрические контакты, нагревательный элемент и чувствительный слой. Контактные группы и нагревательный элемент формируются из проводящих и резистивных серебро- и золотосодержащих паст. Паста для нанесения газочувствительного слоя изготавливается из синтезированных оксидов;

• после нанесения функциональной группы проводится спекание пасты на подложке при температуре 850 °С;

• каждая подложка разрезается лазером на отдельные элементы, которые устанавливаются в рабочий корпус с помощью термоконтактной сварки. Корпуса рассчитаны на установку 1, 2 и 4 газочувствительных элементов.

Потребляемая энергия полупроводникового адсорбционного датчика расходуется на нагрев чувствительного слоя до определенной (для каждого конкретного вещества-аналита) температуры, при которой проводится измерение падения напряжения на датчике, включенного в мостовую схему, сбалансированную измерительным сопротивлением.

С помощью полупроводниковых адсорбционных датчиков определен ряд веществ, относящихся к токсичным химическим веществам. В настоящее время составлен перечень, состоящий из 289 веществ, для которых исследованы и определены условия обнаружения с помощью полупроводниковых датчиков, включенных в газосигнализаторы и анализаторы.

Газосигнализаторы, в которых применяются полупроводниковые датчики, построены по единой структуре, позволяющей обеспечить высокие аппаратурные и аналитические характеристики

В результате исследований определены и обоснованы пути создания новых и высокоэффективных технических средств (систем) индикации и мониторинга атмосферного воздуха, работоспособных в широком диапазоне воздействующих факторов химической, механической, термической и другой природы, разработаны структуры аналитических систем контроля химических параметров окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Carlone C.* On the anti-Stockes fluorescence in CdlxZn crystals / C.Carlone, A.Beliveau, N.L.Rowell // J.Luminesc. 1991. Vol.47. P. 309-311.

2. *Ivanov Yu.V.* Anti-Stokes luminescence in chromium-doped ZnSe / Yu.V.Ivanov, Yu.G.Semenov, M.Surma, M.Godlewski // Physical Review B-15 (7). 1996. Vol.54. P. 4696-4701.

3. *Ignatiev I.V.* Anti-Stokes photoluminescence of InP self-assembled quantum dots in the presence of electric current / I.V.Ignatiev, I.E.Kozin, W.Ren, S.Sugou, Y.Masumoto // Physical Review B-60 (2). 1999. P.R14001-R14003.

4. *Seidel W.* High-Efficiency Energy Up-Conversion by an «Auger Fountain» at an InP-AIInas Type-II Heterojunction / W.Seidel, A.Titkov, J.P.Andre, P.Voisin, M.Voos // Phys. Rev. Lett. 1994. Vol.73 (17). P.2356-2358.

5. *Ban D.* Optimized GaAs/AlGaAs light-emitting diodes and high efficiency wafer-fused optical up-conversion devices / D.Ban, H.Luo, H.C.Liu, Z.R.Wasilevski, A.J.SpringThorpe, R.Glew, M.Buchanan // J.Appl. Phys. 2004. Vol.96 (9). P.5243-5245.