

антенны порядка 15×1 м. Высокий потенциал локатора обеспечивается использованием зондирующего импульса с ЛЧМ при значительном коэффициенте усиления антенны и оптимальном его распределении в полосе обзора не менее 700 км. Установка двух антенн (вправо, влево по направлению полета носителя) позволит расширить полосу обзора РЛС БО в два раза.

В качестве радиометрической части в радиофизическом комплексе целесообразно использовать бортовые сканирующие радиометры 3- и 8-миллиметрового диапазонов с сектором углов сканирования ±50° (и более) от надира при размере апертуры антенной системы не менее 1,5×1,5 м. При этом в 3-мм-диапазоне для орбиты с высотой 650 км может быть обеспечено среднее пространственное разрешение порядка 2,5×2,5 км (либо более высокое при увеличении размеров антенны) в полосе обзора около 1500 км. Предлагаемая неподвижная антенна со сканирующим линейным облучателем обладает малым энергопотреблением и не оказывает существенного влияния на системы стабилизации носителя за счет малых моментов инерции привода электромеханического сканирования.

Основные характеристики предлагаемого комплекса приведены в **таблице**.

Радиофизический радиолокационно-радиометрический комплекс планируется к размещению на

космических аппаратах малого класса и может применяться для оперативного гидрометеорологического мониторинга Земли, включая мониторинг активных метеорологических процессов над морской поверхностью (обнаружение зон штормов, ураганов, тайфунов с определением их мощности и степени опасности для судоходства), для определения скорости ветра, мониторинга распределения зон осадков над сушей и морем, мониторинга снежного и ледяного покрова.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. А. с. 1111582 СССР. Способ дистанционного зондирования атмосферы и подстилающей поверхности Земли / В. П. Шестопалов, Ю. А. Афанасьев, В. А. Комяк и др.— 1983.
2. Ефимов В. Б., Калмыков А. И., Комяк В. А. и др. Исследование поверхности океана радиофизическими средствами с аэрокосмических носителей // Изв. АН СССР. Физика атмосф. и океана.— 1985.— Т. 21, № 4.— С. 349—357.
3. Ефимов В. Б., Калмыков А. И., Комяк В. А. и др. Исследование ледовых покровов радиофизическими средствами с аэрокосмических носителей // Там же.— 1985.— Т. 21, № 5.— С. 512—520.
4. Курекин А. С., Пичугин А. П., Волков А. М. и др. Принципы построения космической радиолокационной системы бокового обзора непрерывного действия // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники.— 2001.— № 12.— С. 35—43.

Г. А. ДЕВЯТКО, С. А. ЛАЦИС, В. Я. ПОДОЛЬСКИЙ

Украинский НИИ аналитического приборостроения, г. Киев
E-mail: analyt@ukranalyt.com.ua

Дата поступления в редакцию
15.05 2003 г.

Оппонент к. т. н. Г. П. ПРЕПЕЛИЦА
(ОГЭУ, г. Одесса)

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Возможно создание современных малогабаритных и удобных в использовании приборов для контроля воздушной среды промышленных предприятий и объектов.

Одной из задач по обеспечению безопасных условий работы персонала химически опасных промышленных предприятий и объектов является контроль за состоянием воздушной среды в рабочей зоне предприятий. Если стационарные приборы обеспечивают постоянный контроль воздуха в определенных зонах повышенной газоопасности, то с помощью портативных газоанализаторов (индивидуального пользования) выполняется оперативный контроль непосредственно в месте нахождения работающего.

Применяются одно- и многокомпонентные газоанализаторы индивидуального пользования. Многокомпонентные газоанализаторы, обеспечивающие одновременный контроль нескольких газов и обладающие достаточно широким диапазоном функциональных возможностей, позволяют более полно оценить состояние воздушной среды в рабочих зонах.

Зарубежные аналоги многокомпонентных газоанализаторов индивидуального пользования (МГИП)

Некоторые зарубежные фирмы-производители газоаналитической техники (например, Cosmos, Япония) до настоящего времени предлагают для измерения нескольких газовых компонентов в воздушной среде набор нескольких (от 2 до 5) однокомпонентных газоанализаторов, размещенных в общем корпусе или сумке совместно с автономным источником питания. Однако такое решение неудобно и ненадежно при одновременном измерении концентрации нескольких газов.

Современные зарубежные МГИП выполняют одновременный контроль двух—четырёх газов, имеют возможность замены одних сенсоров на другие с целью расширения номенклатуры контролируемых газов, информация о величине концентрации каждого из контролируемых газов представляется в них на едином жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ) и конструктивно они выполнены в едином корпусе с автономным источником питания.

ЭЛЕКТРОНИКА И ЭКОЛОГИЯ

Основные технические характеристики зарубежных МГИП

Характеристика	Тип газоанализатора, производитель			
	Passport, AUER/MSA, Германия	Multiwarn II, Drager, Германия	Multimax, BW Technologies, Канада	Анкат-7664, ПО "Аналитприбор", Россия
Одновременно контролируемые газы и диапазоны измерений				
1) H ₂ S, мг/м ³	0—70	0—150	0—150	0—40
2) CO, мг/м ³	0—1000	0—650	0—650	0—200
3) O ₂ , об. д. %	0—25	0—25	0—25	0—30
4) ΣСН, % НКПР*	0—100	0—100	0—100	0—50
5) CO ₂ , об. д. %	—	0—5	—	—
Время установления показаний T ₉₀ , с				
1) H ₂ S	65	60	6 (T ₅₀)	60
2) CO	40	40	4 (T ₅₀)	60
3) O ₂	30	30	2 (T ₅₀)	50
4) ΣСН	30	30	6 (T ₅₀)	15
5) CO ₂	—	20	—	—
Масса, кг	0,99	1,0	0,82	1,5
Габаритные размеры, мм	83×270×58	55×110×65	29×114×172	150×60×250
Электропитание	NiCd-аккумулятор	NiCd-аккумулятор	NiCd-аккумулятор (гальванические элементы Alkaline "С")	NiCd-аккумулятор
Способ отбора пробы воздуха:				
диффузионный	+	+	+	+
принудительный (насос)	+	+	+	+
Диапазон рабочих температур, °С	0...40	-20...40	-20...50	-20...40

*НКПР — нижний концентрационный предел распространения пламени.

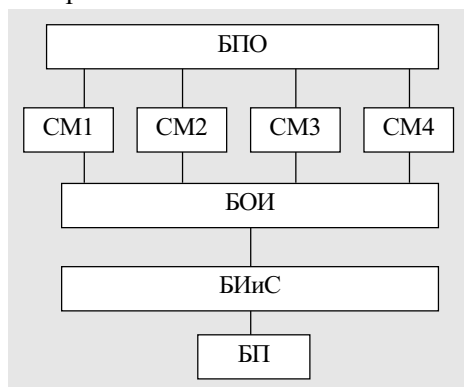
В последние годы западные фирмы-производители многокомпонентных газоанализаторов начали применять микропроцессоры для расширения функциональных возможностей приборов. Однако в некоторых изделиях функциональные меню достаточно громоздки и неудобны в эксплуатации.

Стоимость большинства зарубежных многокомпонентных газоанализаторов достаточно высока, но особенно высока стоимость технического обслуживания и замены сенсоров после окончания срока их службы.

Основные технические характеристики зарубежных аналогов МГИП приведены в **таблице**.

Структурное построение МГИП

На **рисунке** представлено реализованное при создании прибора в АО «Укрналит» блочно-модульное структурное построение многокомпонентного газоанализатора.



Многокомпонентный газоанализатор состоит из сенсорных модулей СМ1—СМ4, в которые входят первичные преобразователи (сенсоры) и схемы обеспечения их функционирования. Блок обработки информации (БОИ) предназначен для автоматической обработки выходных сигналов сенсорных модулей. Блок индикации и сигнализации (БИиС) обеспечивает цифровую индикацию значений концентрации каждого контролируемого газа и формирует тревожную звуковую и световую сигнализацию о достижении заданных уровней ПДК или НКПР конкретных газовых компонентов. Блок пробоотбора (БПО) предназначен для отбора проб контролируемой воздушной среды диффузионным или принудительным способом. Блок питания (БП) обеспечивает все блоки и модули необходимым напряжением.

Отбор проб контролируемого воздуха осуществляется диффузионным (конвективным) способом или принудительным — с помощью насоса. Оптимальным решением для МГИП является осуществление отбора проб комбинированным образом, используя оба эти способа.

Блок пробоотбора состоит из микронасоса с расходом от 0,2 до 0,5 л/мин и схемы управления. Для отбора воздуха из труднодоступных мест или колодцев и емкостей к входному штуцеру насоса присоединяется шланг длиной до 10 м или заборный зонд. Электропитание может осуществляться от собственного источника питания или от автономного источника питания газоанализатора.

Предложенная структура МГИП позволяет обеспечить одновременное измерение и отображение значений концентрации каждого из анализируемых газов, минимальное число органов управления, удобство эксплуатации прибора, а также оперативность и надежность выполняемых измерений.

Блочное-модульное построение многокомпонентного газоанализатора дает возможность расширять ряд сочетаний различных одновременно контролируемых газовых компонентов в воздушной среде, повышать уровень взаимозаменяемости блоков и узлов, упростить настройку и техническое обслуживание приборов.

Сенсоры и сенсорные модули

Одной из важнейших проблем при создании МГИП является выбор, разработка и использование сенсоров, а также конструирование на их основе сенсорных модулей, которые обеспечили бы основные показатели анализаторов.

Принцип действия первичных преобразователей, выбираемых для использования в многокомпонентных газоанализаторах индивидуального пользования, должен удовлетворять таким требованиям как:

- обеспечение необходимых диапазонов и погрешностей измерения;
- быстрое действие;
- линейность;
- селективность;
- низкое потребление энергии;
- малые размеры и масса;
- широкий диапазон рабочих температур;
- простота технического обслуживания;
- низкая стоимость.

Известные оптические, спектральные и хроматографические методы контроля газов и паров различных веществ удовлетворяют многим из этих требований, что позволяет создавать достаточно точные и надежные приборы газового анализа. Однако такие анализаторы имеют большую потребляемую мощность, что не позволяет использовать малогабаритные источники автономного питания. Габаритные размеры этих приборов достаточно велики, а минимальная масса составляет 5—6 кг. Кроме того, сложна пробоподготовка и техническое обслуживание таких анализаторов, а для обеспечения широкого диапазона рабочих температур необходимы дополнительные конструктивные и схемные решения.

Стоимость таких анализаторов достаточно высока и составляет 4—8 тыс. долларов США.

Наиболее подходящими для выполнения перечисленных требований являются сенсоры, основанные на электрохимическом методе измерений (для определения концентраций токсичных газов) и на термохимическом методе (для определения концентраций горючих газов и паров). Эти сенсоры имеют практически линейные выходные характеристики и удовлетворительную селективность. Быстродействие электрохимических сенсоров составляет 30—50 с, а термохимических — 10—20 с. Они стабильно работают в диапазоне рабочих температур от -30 до 40°C. Такие сенсоры имеют низкий уровень потребления электроэнергии, малые размеры и массу. При создании газоанализаторов на основе электрохимических и термохимических сенсоров не требуется обеспечение сложной пробоподготовки, а техническое обслуживание таких приборов выполняется довольно просто.

Стоимость многокомпонентных газоанализаторов на основе электрохимических и термохимических сенсоров в 4—5 раз ниже по сравнению с оптическими, спектральными или хроматографическими анализаторами.

В основу работы *электрохимических* сенсоров положен принцип преобразования массовой концентрации газа в электрический ток на основе электрохимического эффекта по методу электролиза постоянным током при сохранении определенного потенциала на поверхности чувствительного (рабочего) электрода. При этом, в зависимости от контролируемого газа, в системе происходит реакция окисления или восстановления, а ток, возникающий в результате электрохимического эффекта при воздействии газа на чувствительный слой рабочего электрода, пропорционален концентрации этого газа.

Кроме рабочего электрода, в состав сенсоров входят сравнительный (эталонный) и вспомогательный электроды. Все электроды расположены таким образом, что постоянно находятся в контакте с электролитом, которым заполнена реакционная камера.

С помощью специального потенциостата на рабочем электроде сенсора поддерживается определенный потенциал относительно сравнительного электрода. Для каждого токсичного газа устанавливается соответствующий потенциал, который не зависит от изменений, происходящих на вспомогательных электродах. Сравнительный электрод в реакции не участвует и служит в качестве опорного элемента при заданном потенциале рабочего электрода.

В зависимости от конкретных контролируемых токсичных газов, их концентраций, селективности, диапазона рабочих температур используются трех- и четырехэлектродные электрохимические сенсоры. С помощью изменения потенциалов на вспомогательных электродах сенсоров стабилизируются фоновые токи, устанавливаются условия селективности и обеспечиваются условия работы сенсоров в заданном температурном режиме эксплуатации.

В основу работы *термохимических* сенсоров положен принцип преобразования объемной концентрации газа или паров веществ в выходное напряжение с использованием эффекта хемосорбции при нагреве чувствительного элемента сенсора.

Напряжение, возникающее в результате хемосорбции при воздействии горючих газов или паров на чувствительный слой сенсора при определенной температуре, пропорционально концентрации этих газов или паров. Для обеспечения стабильности работы ток нагревателя сенсора должен быть стабилизирован на заданном уровне. Конструктивные решения термостабилизации сенсора обеспечивают стабильную и надежную работу в широком диапазоне температур.

Одной из важнейших проблем, возникающих при создании многокомпонентных газоанализаторов, является проблема селективности по каждому из измерительных каналов. Сложность задачи заключается в том, что каждый сенсор должен быть селективен как относительно неконтролируемых компонентов воздушной среды, так и относительно каждого из контролируемых газов. Эта задача осложняется еще и тем, что электрохимические и термохимические сенсоры не обладают абсолютной селективностью.

Каждый электрохимический сенсор обладает определенной перекрестной чувствительностью к газам, которые не подлежат контролю. Перекрестная чувствительность сенсора зависит от физико-химической природы и уровня концентрации этих газов, а также от состава катализатора рабочего электрода сенсора.

Для повышения селективности электрохимических сенсоров специалисты АО «Украналит» используют несколько методов:

- выбор оптимального состава катализатора рабочего электрода сенсора;
- стабилизация установки оптимального значения потенциала рабочего электрода;
- использование специальных фильтров, обеспечивающих поглощение неконтролируемых и мешающих газов из состава контролируемой воздушной среды.

Применение всех этих методов дает возможность обеспечить достаточно высокие результаты.

Что касается термохимических сенсоров, то их селективность ниже, чем электрохимических. Однако применение специальных фильтров и выбор оптимального тока нагревателя для каждого из контролируемых газов или паров дает возможность улучшить селективность термохимических сенсоров до приемлемых значений.

Сенсорные модули многокомпонентных газоанализаторов выполняют функции автоматического преобразования измеряемых концентраций газовых компонентов воздушной среды в аналоговый выходной сигнал и обеспечения оптимальных режимов работы сенсоров.

Сенсорный модуль для токсичных газов состоит из электрохимического сенсора, схемы потенциостата (необходимого для поддержания постоянного потенциала рабочего электрода сенсора на заданном уровне путем изменения тока поляризации), источника опорного напряжения и усилителя выходного сигнала сенсора. Сенсорный модуль для горючих газов и паров состоит из термохимического сенсора, стабилизатора тока нагревателя и усилителя выходного сигнала сенсора. Такое построение сенсорных модулей обеспечивает стабильность их характеристик в течение всего срока службы электрохимического и термохимического сенсоров.

Конструктивно сенсорные модули представляют собой законченные элементы многокомпонентных газоанализаторов. Электрическая схема обеспечения работы и обработки выходного сигнала сенсора размещена на одной плате, к которой сенсор подключается с помощью миниатюрного разъема.

До недавнего времени в многокомпонентных газоанализаторах для выдачи обработанной информации в цифровом виде применялись однострочные жидкокристаллические индикаторы (ЖКИ). Количество ЖКИ соответствовало количеству измеряемых газов.

Современные ЖКИ имеют несколько цифробуквенных строк и столбцов на едином табло, что позволяет одновременно отобразить концентрацию каждого газа в соответствующих единицах измерения. Применение таких ЖКИ позволяет уменьшить разме-

ры блока обработки информации, несколько снизить потребление энергии, вывести дополнительную информацию об исправности узлов прибора и разряде источников автономного питания, улучшить оперативность и надежность получения информации.

Заключение

Анализ развития зарубежной и отечественной газоаналитической техники и рост спроса на многокомпонентные газоанализаторы индивидуального пользования на предприятиях различных отраслей хозяйства подтверждает необходимость совершенствования приборов газового анализа этого типа. Как показывает практика, оптимальное количество одновременно контролируемых газов с помощью МГИП равно 4, однако при создании газоанализаторов необходимо предусмотреть расширение номенклатуры определяемых компонентов до 7—8.

Увеличение количества одновременно контролируемых газов требует дальнейшего повышения селективности сенсоров. Для этого необходимо уменьшать перекрестную чувствительность сенсоров (особенно электрохимических) к газам, не подлежащим контролю.

Необходимым требованием становится применение в многокомпонентных газоанализаторах микропроцессорной техники, позволяющей выполнять компенсацию перекрестной чувствительности используемых сенсоров, улучшить точность измерений, компенсируя изменение фоновых токов сенсоров. При этом автоматически может осуществляться контроль работоспособности приборов, уровня разряда автономных источников питания, расчет средних значений и значений концентраций за заданные промежутки времени и др.

Таким образом, дальнейшее развитие газоанализаторов на основе электрохимических и термохимических сенсоров позволяет создавать современные малогабаритные и удобные в использовании приборы для контроля токсичных и горючих газов и паров в воздушной среде промышленных предприятий и объектов.

НОВЫЕ КНИГИ

НОВЫЕ КНИГИ

Гаркавенко А. С., Зубарев В. В., Ленков С. В., Лукомский Д. В., Мокрицкий В. А. НОВЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ МЕТОДЫ, СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ.— Одесса: УТС-ПРИНТ, 2002.— 279 с.

В книге представлены теоретические основы, экспериментальные методы и средства применения оптической квантовой электроники. В ней впервые использованы для диагностики полупроводниковых кристаллов методы лазерной фазометрии, обеспечивающие высокую чувствительность и точность в широком динамическом диапазоне измерений. Исследованы оптическая неоднородность кристаллов, различные модуляционные характеристики лазерного излучения видимого и инфракрасного диапазонов при оптической и электронной накачке. Рассмотрены принципы создания и свойства ИК-светодиодов с повышенной мощностью излучения, разработана лазерная технология формирования омических контактов.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов, занимающихся лазерной физикой, физикой полупроводников, оптоэлектроникой и вопросами применения лазеров в науке и технике. Она будет полезным пособием для аспирантов и студентов вузов соответствующих специальностей.

