



Высокоточные приборы

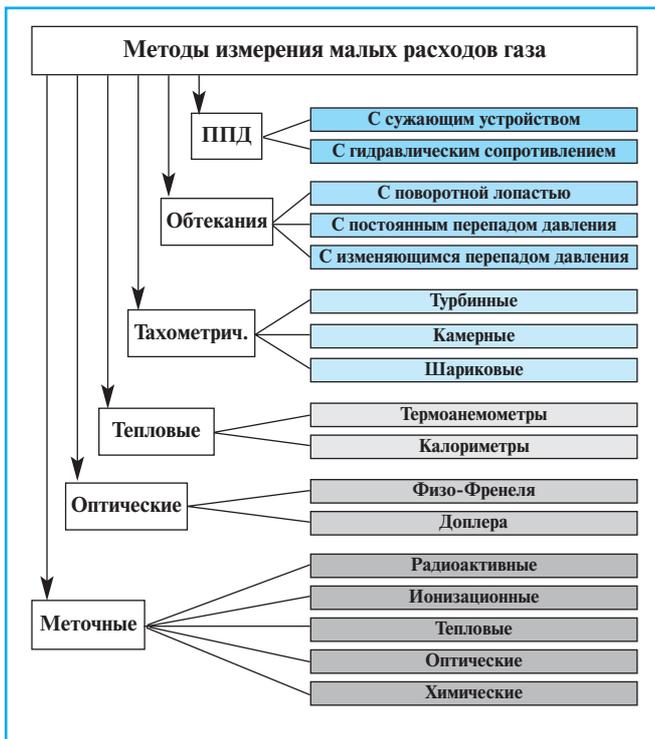
Д. Дударев

для измерения расхода и дозирования газообразных веществ

Потребность в измерителях расхода газа чрезвычайно высока. Рынок таких устройств весьма динамичен. Рассматриваемые подходы к созданию расходомеров и дозаторов позволяют получать простые в исполнении устройства с высокими метрологическими характеристиками.

Проведенные специалистами США исследования показали, что среди наиболее часто измеряемых физических величин расход занимает пятое место по количеству объектов измерения. Только в ФРГ 22 фирмы заняты разработкой и производством измерителей расхода газа и жидкости. В Великобритании ежегодно продается 27 тыс. промышленных расходомеров, в Западной Европе – 165 тыс., а во всем мире установлено свыше 15 млн. таких приборов [1]. Эти цифры говорят о чрезвычайно высокой потребности в измерителях расхода и, в частности, в средствах газовой расходомерии, существующей в различных областях науки и техники.

Известно более 20 методов, основанных на самых разных физических эффектах. Каждый метод допускает несколько вариантов реализации. Так, только в Великобритании предлагается более 200 запатентован-



ных конструкций расходомеров, которые производят свыше 70 фирм. Разнообразие методов обусловлено крайне широким диапазоном измеряемых ве-

личин – от более 500 до менее 10 л/час. Наиболее актуальна сегодня проблема измерения малых расходов газа с высокой точностью. Построение компактных расходомеров для этой цели возможно на основе ряда методов:

- переменного перепада давления (ППД),
- обтекания,
- тахометрического,
- теплового,
- меточного,
- оптического.

К измерителям малых расходов газа предъявляют следующие основные требования:

- высокая точность,
- широкий динамический диапазон измерения,
- низкий перепад давления в измеряемой системе,
- наличие электрического выходного сигнала,
- стойкость к агрессивным средам,
- стабильность метрологических характеристик,
- небольшие габариты и масса.

Сравнительные характеристики методов измерений и их соответствие требованиям к измерителям малых расходов

Таблица 1

Методы измерения	Точность измерения, %	Динамический диапазон	Перепад давления, кПа	Электрический выходной сигнал	Стойкость к агрессивной среде	Стабильность характеристик	Габариты и масса
Переменного перепада давления	1,5–2,5	1:3	5	есть	не соотв.	низкая (эрозия, коррозия)	соотв.
Тахометрические	0,5–1,0	1:20	0,3	есть	не соотв.	низкая (трение, износ)	соотв.
Обтекания	2	1:10	1,5	нет	соотв.	низкая (зависит от плотности и вязкости)	соотв.
Тепловые	2	1:15	<0,1	есть	соотв.	низкая	соотв.
Оптические	0,5	1:20	<0,1	есть	соотв.	низкая (ограниченный срок службы ОГК)	не соотв.
Меточные	0,5	1:10	<0,1	есть	соотв.	высокая	соотв.

Данные табл. 1, составленной на основе различных источников, показывают, насколько различные методы соответствуют перечисленным требованиям. Среди рассмотренных методов наиболее предпочтителен меточный, поскольку он создает минимальный перепад давления, отличается высокими метрологическими возможностями, конструктивной простотой в реализации и другими преимуществами [2].

Наиболее просто данный способ измерения расхода газа реализуется в оптических меточных расходомерах. Несмотря на то, что это наиболее старая разновидность меточных расходомеров, они по-прежнему обладают достаточной точностью, а их потенциальные возможности далеко не исчерпаны [2]. Оптимальной оптической меткой является жидкостная пленка. Для получения такой пленки в поток измеряемого газа инжектируют жидкость с добавлением поверхностно-активных веществ (ПАВ), создающих на ее поверхности эффект адсорбции. На базе меточного метода измерения расхода газа с помощью пленки ПАВ в МГИЭТ был создан автоматический меточный расходомер РАМ-3. Его характеристики приведены в табл. 2. Прибор полностью автоматизирован и оснащен дистанционным управлением. Он может работать без визуального контроля в условиях агрессивных, взрывоопасных и токсичных газовых реагентов, где в силу санитарно-гигиенических норм присутствие человека исключено.

Характеристики меточного расходомера РАМ-3	
Диапазон измеряемых расходов, л/час	0–600
Погрешность измерения, %	не более 0,5
Разрядность представления результата измерения	до 8
Габаритные размеры, мм электронного блока	390x260x115
выносного устройства	220x125x430
Масса, кг электронного блока	4,5
выносного устройства	2,8

Однако жидкостные меточные расходомеры обладают существенным недостатком. В процессе измерения вещество метки, испаряясь, вносит в поток газа дополнительные примеси. Поэтому приборы данного типа не могут применяться там, где предъявляются жесткие требования к чистоте газовых компонентов измеряемого потока. Подобные задачи достаточно ча-

сто встречаются в микроэлектронике, медицине, химической промышленности, геномной инженерии и т.д.

Альтернатива оптическим меточным расходомерам – приборы с тепловой меткой, наиболее перспективные для измерений малых расходов газа. В отличие от других меточных расходомеров (жидкостных, радиационных, химических и т.д.), они не нарушают химического состава газа. Тепловая метка, по сути – область газа с температурой, выше чем у основного потока, полностью размывается за достаточно короткое время. До послед-

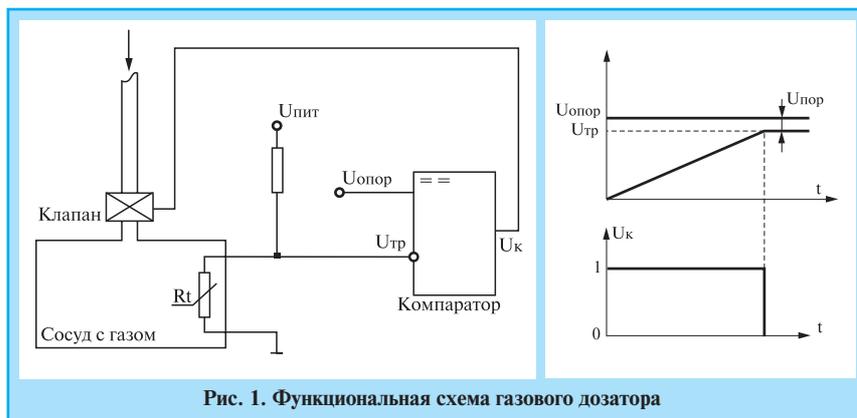


Рис. 1. Функциональная схема газового дозатора

него времени тепловые меточные расходомеры практически не разрабатывались и не применялись, в основном из-за невысокой точности. Анализ показал, что наибольший вклад в суммарную ошибку измерения вносит динамическая погрешность фиксации тепловой метки. Она возникает из-за инерционности термопреобразователей, применяемых для регистрации тепловой неоднородности. Время “жизни” метки не превышает 1,5 с, в то время как даже самые быстродействующие термопреобразователи имеют постоянную времени порядка 0,4 с. При таких параметрах динамическая погрешность фиксации метки превысит 30%, что недопустимо.

Однако разработаны методы, позволяющие существенно снизить постоянную времени термопреобразователей. Используя измерительные схемы с терморезисторами, охваченными отрицательной обратной связью, можно снизить инерционность измерительной цепи в сотни и даже тысячи раз [3]. Подобное схемотехническое решение позволяет создать тепловые

меточные расходомеры с диапазоном измеряемых расходов 0–600 л/час при точности измерения 0,1%.

На основе быстродействующих термопреобразователей могут быть построены **высокоэффективные дозаторы газа**.

Газовый дозатор с терморезистивным датчиком функционирует следующим образом (рис. 1). Предварительно откалиброванный терморезистивный преобразователь (ТРП) помещается в мерный сосуд, подключенный к газопроводу или другому источнику газа. При заполнении сосуда газом, по-

мере повышения концентрации, увеличивается теплообмен между терморезистором и газом, соответственно понижается температура ТРП и повышается его сопротивление.

С помощью резистивного делителя изменение сопротивления ТРП преобразуется в изменение напряжения, которое подается на компаратор. Компаратор сравнивает падение напряжения на ТРП с опорным, соответствующим требуемой концентрации газа. Как только падение напряжения на ТРП становится равным опорному, компаратор срабатывает и прекращает подачу газа в сосуд.

Достоинство данного метода – простота конструкции и высокая надежность, недостаток – низкая точность. Наибольший вклад в суммарную ошибку такого дозатора вносит погрешность срабатывания компаратора.

В силу особенностей схемотехнической реализации интегральные компараторы срабатывают не в момент равенства напряжений на прямом и инверсном входах, а несколько ранее. Разница между значениями напряжений на входах компаратора в момент срабатывания называется порогом чувствительности компаратора $U_{пор}$. Значение $U_{пор}$ зависит от многих факторов: температуры, напряжения пи-

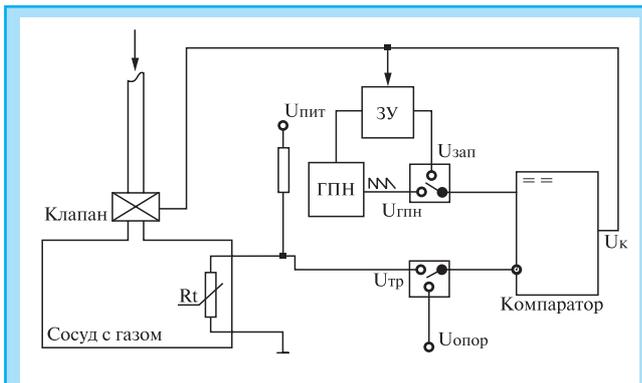


Рис. 2. Функциональная схема высокоточного газового дозатора

тания, входного сигнала. Поэтому компенсировать его, вводя некоторую поправку, не представляется возможным. Однако в МГИЭТ разработан оригинальный метод компенсации изменения порога чувствительности компаратора, который позволяет полностью исключить его влияние (рис 2).

Суть метода – в том, что на инверсный вход компаратора подается опорное напряжение, а на прямой – пилообразное (рис. 3), выдаваемое генератором пилообразного напряжения (ГПН). В момент срабатывания компаратора значение напряжения на прямом входе запоминается запоминающим устройством (ЗУ), оно составляет $U_{зан} = U_{опор} + U'_{пор}$. Затем проводится рабочее сравнение напряже-

За это время значение $U_{оп}$ не может измениться сколь-нибудь значимо, следовательно $U'_{пор} = U''_{пор}$. В этом случае выражение для напряжения

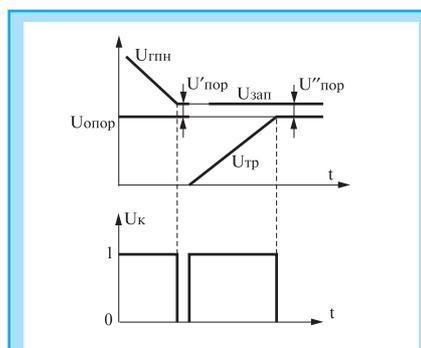


Рис. 3. Временная диаграмма работы высокоточного газового дозатора

ний, только в качестве опорного используется $U_{зан}$, которое подается на прямой вход, а на инверсный – напряжение с ТРП $U_{тр}$. Компаратор срабатывает, когда $U_{мп} = U_{зан} - U'_{пор}$. Интервал между рабочим и предварительным сравнением не превышает нескольких секунд.

срабатывания компаратора примет вид $U_{мп} = U_{опор}$, т.е. компаратор срабатывает точно в тот момент, когда концентрация газа в сосуде будет равна заданной.

В заключение следует отметить, что в области разработки и создания средств точной газовой расходомерии и дозаций сегодня достигнут значительный прогресс. Новые, более совершенные газовые расходомеры и дозаторы позволяют повысить прецизионность технологических процессов, что в итоге положительно скажется на качестве конечного продукта.

Литература

1. Зарубежные приборы для измерения и регулирования температуры, давления, расхода и уровня. – Информ-прибор. Экспресс-информация. Сер. ТС-6: Приборы, средства автоматизации и системы управления. – М.: 1990, Вып 2.
2. Дубовой Н.Д., Лохоткин С.В. Обзор и сравнительная характеристика методов измерения малых расходов газа. – Разработка и исследование микроэлектронных кремниевых датчиков и элементов памяти СБИС ДОЗУ: Сб. науч. тр. МГИЭТ. – М.:1994, с.152–162.
3. Дубовой Н.Д., Дударев Д.А. Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 1997, №3–4, с.47–50.

Биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ) находят все более широкое применение в высоковольтных (свыше 300 В) схемах. Вице-президент фирмы Ixys (США) Рич Фасслер считает, что вскоре они захватят рынок электронных ключей, работающих на частотах до 100 кГц. Прежде всего это источники питания, как импульсные, так и линейные.

По данным фирмы Dataquest, в 1995 году объем продаж БТИЗ составил 229 млн. долл., в 1997-м достигнет 620 млн. долл., а в 2000 году возрастет до 1 млрд. долл. Таким образом, совокупные среднегодовые темпы прироста продаж в 1995–2000 годах будут равны 32%, что вдвое выше, чем на рынке мощных дискретных полупроводниковых приборов в целом.

Ведущими поставщиками БТИЗ на мировой рынок в 1996 году были фирмы Toshiba (22,2% общего объема продаж), Mitsubishi Electric (14,8%), EUPIC (10,5%), Siemens (9,9%) и Powerex (8,8%).

Новую серию БТИЗ, способных успешно конкурировать по стоимости с мощными МОП-транзисторами на напряжение 400–600 В, выпустила в середине года фирма International Rectifier. По утверждению разработчиков, быстродействие приборов серии Warp Speed достаточно для замены ими МОП-транзисторов в импульсных источниках питания с частотой 100 кГц и мощностью 250 Вт. Благодаря применению нового запатентованного процесса эпитаксиального выращивания разработчикам удалось сократить потери на переключение в два раза по сравнению с существующими устройствами.

Фирма SGS-Thomson наряду с мощными МОП-транзисторами начала выпускать БТИЗ в корпусах типа MAX–220 и MAX–247, сопоставимых по площади основания со стандартными корпусами типа ТО–220 и ТО–247, но пригодных для монтажа кристалла вдвое больших размеров. Приборы в новых корпусах предназначены для устройств управления двигателем и систем зажигания автомобиля.

БТИЗ упрочненной конструкции выпустила в мае 1997 года фирма Harris. Транзисторы предназначены для систем управления двигателем и рассчитаны на напряжение 600 В и ток 20 А. Они могут выдержать короткое замыкание при напряжении 440 В и температуре 150°C в течение 10 мс. Цена при закупке партии в 100 шт. – от 3,25 до 4,1 долл. Фирма уделяет большое внимание созданию БТИЗ для поверхностного монтажа. Она намерена через три–пять лет перевести на эту технологию 50% выпускаемых БТИЗ.

Наметилась тенденция к созданию мощных модулей путем объединения нескольких БТИЗ в единый пластмассовый корпус. Пример такого модуля – серия приборов VersaPower фирмы Motorola. БТИЗ поставляются в 16-, 20- и 24-выводных корпусах. Недавно выпущен модуль на напряжение 60 В и ток 10 А, предназначенный для мощных коммутационных систем, в том числе систем управления двигателем. Его цена – 18 долл. при закупке крупных партий.

ElectronicBuer's News, 1997, N 1059

Electronic Engineering Times, 1997, N 959, p.8

Блестящие перспективы для мощных биполярных транзисторов с изолированным затвором

дайджест

**Новые корпуса
для центрального
процессора,
обеспечивающие
высокую
плотность
упаковки
компонентов**

дайджест

В инженерном училище при Калифорнийском университете в Сан-Диего (UCSD) по контракту с Управлением перспективных разработок МО США (DARPA) и под руководством Римской лаборатории МО изучается относительно дешевая технология монтажа процессорных блоков в единый корпус с высокими плотностью упаковки и прочностью. Цель работы — создание технологии корпусирования и формирования межсоединений, пригодной для применения как в военном оборудовании, так и в портативных коммерческих изделиях. Программа, на которую DARPA планирует отчислить более 16 млн. долл., рассчитана на 3,5 года. В ней примут участие различные университеты и частнопромышленные группы. Результатом ее должен стать опытный образец процессора, содержащий набор из отдельных 32-разрядных ЦОС-процессоров (до 32), соединенных системой оптической связи с набором матричных переключателей. Быстродействие такой системы может достигать 10^{12} операций/с, но пока поставлена задача продемонстрировать возможность создания модуля с производительностью 10^9 операций/с/см³. В дальнейшем разработчики попытаются присоединить к набору матричных переключателей четыре набора ЦОС-процессоров.

Чтобы создать такой процессорный модуль, потребуется объединить множество экспериментальных технологий различных организаций и фирм. Будет использована базовая архитектура и технология создания воздушных оптических соединений, разрабатываемая в Инженерном училище при Калифорнийском университете в Сан-Диего уже более 10 лет. Из предложенных более чем 20 фирм предпочтение отдано технологии Irvine Sensors, трехмерные матрицы памяти которой примерно вдвое дешевле обычных модулей памяти.

В модуле использованы поверхностно-излучающие лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL). Они весьма перспективны для систем оптических межсоединений, поскольку излучают свет вертикально и более удобны в работе, чем полупроводниковые лазеры с краевым излучением. Кроме того, они позволяют реализовать оптическую связь на коротких расстояниях. Сегодня их разрабатывают и изготавливают многие фирмы. По проекту UCSD поставлять лазеры будет фирма Honeywell. Для их объединения используют процесс эпитаксиального выращивания — обратной взрывной литографии, разработанный фирмой Korin и Технологическим институтом шт. Джорджия. В качестве объединяемых процессоров выбраны ЦОС-устройства типа Sharp (с супергарвардской компьютерной архитектурой) фирмы Analog Devices. Для решения проблем точной юстировки предполагается применить методы микрообработки, в том числе реактивное ионное травление, позволяющее формировать структуры на глубине 600 мкм.

Средства моделирования и САПР разрабатываются в Питсбургском университете, Университете шт. Южная Каролина и на фирме Cascade Design Automation. Тестирование модулей будут проводить фирмы Mercury Computer Systems и Sun Microsystems.

Создание больших трехмерных процессорных модулей потребует решения многих проблем, в том числе изготовления матриц лазеров VCSEL-типа с высоким выходом годных и отвода тепла в условиях высокой плотности упаковки ИС. Пока у фирмы накоплен опыт формирования трехмерных схем памяти, мощность которых, в отличие от ЦОС-схем, невелика. Irvine Sensors надеется снизить рассеиваемую мощность модуля, применив для объединения схем на подложке специальные материалы с высокой теплопроводностью. Выделяемое тепло может оказать воздействие и на точность совмещения схем в наборе. Решение этой проблемы потребует моделирования тепловых эффектов в модуле. Все это говорит о сложности задач, возникающих при попытке объединить ряд ранее не связанных методов проектирования.

Electronic Engineering Times, 1997, N968

<http://techweb.emp.com/eet/news/97/968news/researchers.html>

Фирма Rohm Electronic (Великобритания) предлагает новую серию ультраминиатюрных подстроечных чип-потенциометров. По сравнению с ранее выпущенными изделиями с теми же техническими параметрами они позволяют экономить около 50% площади печатной платы. Новые потенциометры серии MVR22 особенно перспективны для схем согласования в тех случаях, когда важное значение имеет занимаемая площадь, например в связных приемопередатчиках и тюнерах телевизоров.

В конструкции потенциометров использована тонкая металлическая высокостабильная глазурь, наносимая методом тонкопленочной технологии. Она обеспечивает хорошую влагостойкость, защиту от неблагоприятного воздействия окружающей среды и надежность, присущую потенциометрам предыдущей серии MVR23. Кроме того, защитная пленка предотвращает закорачивание выводов потенциометра. Прочность монтажа достигается благодаря чрезвычайно гладкой поверхности области пайки большой площади.

Величина сопротивления потенциометров изменяется в пределах от 100 Ом до 1 МОм с точностью $\pm 25\%$. Номинальная рассеиваемая мощность составляет 0,05 Вт при температуре 70°C, максимальное напряжение — 30 В. Диапазон рабочих температур равен -55+125°C. После 20 поворотов ручки регулировки изменение точности установки составляет $\pm 15\%$. Размер потенциометра равен 2,0x2,7x1,6 мм.

What's New in Electronics, 1996, N5, p.17

**Motorola
уходит с рынка
динамических
ДОЗУ**

С середины 80-х годов сектор полупроводников Motorola сознательно ограничивал свое присутствие на рынке динамических ДОЗУ. В течение последних трех лет его доля на этом рынке не превышала 2%. Ресурсы, которые использовались на производство ДОЗУ, будут переориентированы на другие технологии, в том числе на модули статических ЗУ и интегрированные модули памяти, в частности репрограммируемые энергонезависимые модули ЭСППЗУ. Компания также планирует переориентировать на выпуск другой продукции свою часть производства ДОЗУ в совместных предприятиях с Toshiba и Siemens.

По сообщению Motorola

НОВОСТИ

Специалисты из Университета Рочестера (США) и Лаборатории физики твердого тела американской компании Hewlett-Packard сумели получить отчетливое изображение с помощью полимерного светодиода, используя литографическую технологию, разработанную для производства кремниевых микросхем. Область применения светодиодов может быть значительно расширена, если удастся доказать, что они способны к четкому и контролируемому воспроизведению изображения.

**Полимерные
светодиоды
воспроизводят
изображение**

По сообщению Hewlett-Packard

НОВОСТИ