

Обзор датчиков давления фирмы Measurement Specialties

Александр Балакирев (Москва)

В статье дан краткий обзор датчиков давления общего и специального назначения, выпускаемых компанией Measurement Specialties.

Компания Measurement Specialties занимается разработкой и производством датчиков и сенсорных систем для точного измерения физических величин, таких как давление, температура, положение, усилие, ускорения. Компания использует самые передовые технологии: пьезорезистивные, электрооптические, электромагнитные, емкостные; применяет специальные интегральные схемы (ASICs), микроэлектромеханические системы (MEMS), пьезоэлектронные полимеры и тензоэлементы для обеспечения качественной работы приборов и снижения стоимости. В данной статье будет дан краткий обзор датчиков давления, выпускаемых компанией Measurement Specialties.

Всю номенклатуру датчиков давления, представляемую данной фир-

мой, можно разделить на пять категорий:

- датчики для монтажа на печатную плату;
- датчики для жёстких условий;
- серия кремниевых тензодатчиков Microfused™;
- серия датчиков Schaevitz®;
- серия миниатюрных тензодатчиков.

Датчики предназначены для измерения абсолютного, относительного и дифференциального давления. Область применения включает в себя: медицинское оборудование, системы охлаждения, системы нагрева, вентиляции и кондиционирования воздуха, гидравлические и пневматические системы, промышленное оборудование и другие области, где необходимо точное измерение давления.

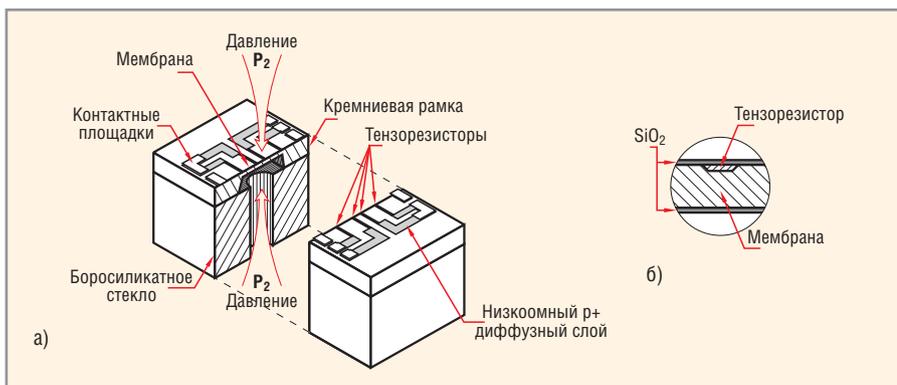


Рис. 1. Структура кристалла

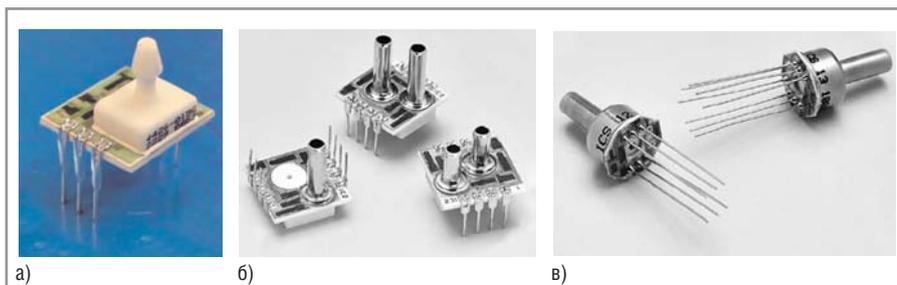


Рис. 2. Общий вид датчиков давления для монтажа на печатную плату

а) серия 4426; б) серия 1220; в) серия 13

Датчики для монтажа на печатную плату

Все датчики данной категории имеют кремниевый чувствительный элемент, выполненный по MEMS-технологии. Кристалл представляет собой кремниевую рамку с мембраной, полученной при помощи глубинного анизотропного травления (см. рис. 1а). Кристалл расположен на подложке из боросиликатного стекла. Можно выделить два различных конструктивных подхода к определению давления:

- в подложке имеется протравленное отверстие для подачи давления с двух сторон мембраны;
- без отверстия, измеряется разность давления между внешним давлением P_1 и фиксированным давлением с обратной стороны мембраны.

Принцип действия основан на пьезорезистивном эффекте, то есть изменении сопротивления чувствительного элемента при деформации, вызванной внешним воздействием, — давлением. Для этого на мембране п-типа располагаются четыре тензорезистора р-типа, полученных диффузией бора через маску (см. рис. 1б). Для создания точного профиля тензорезистора в маске формируется рисунок посредством фотолитографии. Соединение между тензорезисторами осуществляется посредством низкоомного р+-диффузионного слоя. Это позволяет уменьшить эффект теплового гистерезиса. Электрическую изоляцию и внешнюю защиту мембраны выполняет тонкий слой оксида кремния.

Датчики данного класса предназначены для использования в некоррозийной окружающей среде. Диапазон измеряемых давлений от 1 до 500 psi (psi — фунт на квадратный дюйм, 1 psi = 0,07 атм.). Выпускаются в пяти разновидностях корпусов: TO-5, TO-8, 8 pin 0,600" DIP, 6 pin 0,600" DIP и корпус для поверхностного монтажа (см. рис. 2).

В данной категории можно выделить несколько серий специального

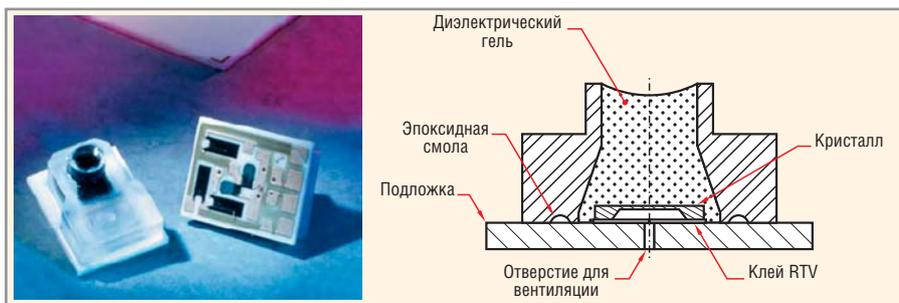


Рис. 3. Общий вид и конструкция серии 1620

назначения. Серия 1620 разрабатывалась для измерения кровяного давления. Чувствительный элемент представляет собой кремниевый пьезорезистивный элемент на керамической подложке. Толстоплёночный резистор с лазерной подгонкой, расположенный на керамической подложке, предназначен для термокомпенсации. Данная серия имеет удобный пластиковый корпус. Давление от внешней мембраны к чувствительному элементу передаётся посредством диэлектрического геля, который также обеспечивает электрическую и механическую защиту. Общий вид и конструкция приведены на рисунке 3. Диапазон давления от -50 до 300 мм. рт. ст. Общая ошибка составляет 1%. Все параметры данной серии соответствуют требованиям ААМІ (Ассоциации по развитию медицинского оборудования).

Серия ARES предназначена для измерения низкого давления. Можно выделить четыре диапазона: от 0 до 5 мм. рт. ст.; от 0 до 10 мм. рт. ст.; от 0 до 15 мм. рт. ст.; от 0 до 1 psi. Датчик имеет малый пластиковый корпус, удобный для монтажа на печатную плату (см. рис. 4). Высокая чувствительность к низкому давлению в со-



Рис. 4. Общий вид датчика серии ARES

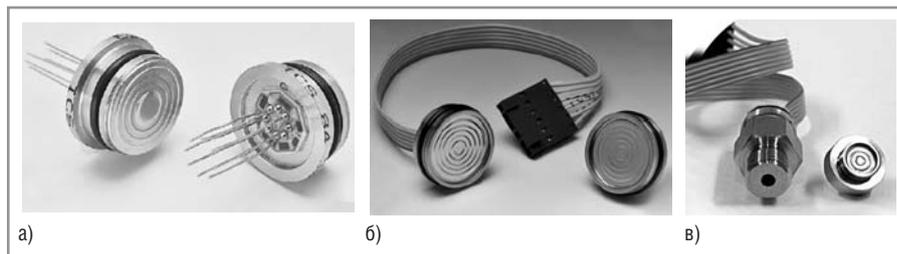


Рис. 5. Внешний датчиков давления для жёстких условий

а) серия 84LP; б) серия 82US; в) серия 87N

вокупности с малым размером датчика делают его идеальным для использования в системах контроля окружающей среды, медицине, расходомерах. В датчике реализована система цифровой коррекции ошибки и система усиления сигнала, поддерживающая аналоговый сигнал.

Основные характеристики некоторых серий датчиков данной категории приведены в обобщённой таблице.

Датчики для жёстких условий

Чувствительный элемент датчиков для жёстких условий располагается на Т-образной головке, защищённой нержавеющей сталью марки AISI 316. Для дополнительной защиты применяется вторая мембрана, выполненная из того же металла, что и корпус.

При этом давление от внешней мембраны к чувствительному элементу передаётся через специальное кремнийорганическое масло. Такая конструкция позволяет применять датчики данного класса в жёстких условиях, обусловленных наличием загрязнённой воды, пара и среднекоррозийных сред. Температурная компенсация осуществляется благодаря дополнительному резистору с лазерной подгонкой. По диапазону давлений можно весь класс разделить на две группы:

- с низким диапазоном давления от 0 до 5 psi;
- ультрастабильные с высоким диапазоном давления от 0 до 5000 psi.

Общий вид датчиков данного класса представлен на рисунке 5. Основные характеристики некото-

Параметры некоторых серий датчиков давления фирмы Measurement Specialties

Серия	Тип давления	Диапазон давления, psi	Рабочая температура, °C	Точность
4426	a, d	0-1, 5, 15, 30, 50, 100	-25...+85	0,25%
1220	a, d, g	0-5, 15, 30, 50, 100	0...+50	0,1%
13	a, g	0-2, 5, 10, 15, 30, 50, 100, 250	0...+50	0,1%
84LP	a, g, s	0-15, 30, 50, 100, 300, 500	-40...+125	0,1%
82US	a, g	0-15, 30, 50, 100, 300, 500	-40...+125	0,1%
87N	a, s	0-1000, 3000, 5000	-40...+125	0,25%
M5100	a, g, s	0-25, 50, 75, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000, 7500, 10,000	-40...+125	1%
MSP100	g	0-100, 250, 500	0...+55	5%
MSP340	g	0-50, 100, 300, 500, 1000, 3000, 5000, 10,000, 15,000	0...+55	4,5%
P700	a, g	0-75, 100, 150, 220, 350, 500, 750, 1000, 1500, 2200, 2900, 3500, 5000, 7500, 10,000	-20...+80	0,25%
P900	a, s	0-75, 100, 150, 200, 250, 350, 500, 750, 1000, 1500, 2200, 3500, 5000, 7500, 10,000	-54...+120	0,1%
EPXN	-	0-5, 15, 30, 75, 150	-40...+120	0,3...0,5%
EPXT	-	0-75, 150, 300, 750, 1500, 3000, 5000, 7500, 15000	-55...250	0,2...0,5%

a - абсолютное давление, d - дифференциальное давление, g - относительное давление, s - относительное герметичное давление.

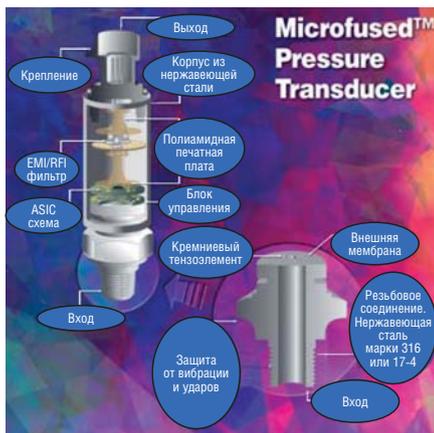


Рис. 6. Устройство преобразователя давления Microfused™

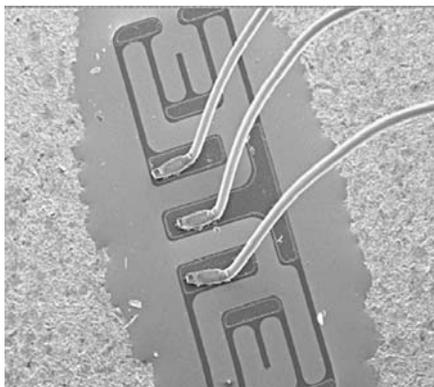


Рис. 7. Общий вид тензодатчика



Рис. 8. Общий вид датчиков Schaevitz®



Рис. 9. Общий вид серии EPXT

рых серий датчиков данной категории приведены в обобщённой таблице.

СЕРИЯ КРЕМНИЕВЫХ ТЕНЗОДАТЧИКОВ MICROFUSED

Компания Measurement Specialties является общепризнанным мировым лидером в области кремниевой технологии тензодатчиков давления со стеклянным соединением, получившей название Microfused™ (см. рис. 6).

Датчики, изготовленные по данной технологии, имеют внешнюю металлическую мембрану, на обратной стороне которой размещается тензодатчик (см. рис. 7), впаянный в стекло при высокой температуре. В результате датчик имеет высокую надёжность и стабильность продолжительный период времени. Датчики Microfused™ успешно прошли жёсткие испытания – 10 млн. циклов в течение нескольких лет.

Одной из последних серий данного класса, анонсированной компанией Measurement Specialties, являются преобразователи давления M5100. В корпусе данного класса расположена специальная интегральная схема (ASIC), обеспечивающая дополнительную термокомпенсацию. Благодаря этому диапазон термокомпенсации возрастает до $-40...+125^{\circ}\text{C}$. Диапазон измеряемых давлений от 0 до 10 000 psi. M5100 имеет защиту выхода от перегрузки по напряжению до 30 Vdc (standard outputs) или 16 Vdc (ratiometric output). Общая ошибка, включающая линейность, гистерезис и дополнительную температурную погрешность, составляет $\pm 1\%$. Основные характеристики некоторых серий датчиков данной категории приведены в обобщённой таблице.

СЕРИЯ ДАТЧИКОВ SCHAEVITZ®

Преобразователи давления, выпускаемые под маркой Schaevitz®, имеют чувствительный элемент, выполненный по технологии BFSG (тензодатчик, жёстко скрепленный с поверхностью фольги). Преобразователи данного класса специально разрабатывались для применения в экстремальных условиях:

- высокое давление,
- высокая вибрация и соударения,
- высокая температура,
- радиация.

Ключевой особенностью Schaevitz BFSG преобразователей давления является специальная защита внешней мембраны и чувствительного элемента – OTS (overtravel stop). Защита позволяет использовать данные преобразователи на больших давлениях без повреждения. Она также позволяет достигать максимального разрешения в заданном диапазоне давления с минимальными помехами.

Принцип преобразователя – суммирующая внешняя мембрана, соединённая посредством стержней,

работающих на сжатие, с двойным кантилевером, входящим в четырёхплечный мост Уинстона. Такая конструктивная особенность позволяет создавать преобразователи давления для жёстких условий с долговременной стабильностью. Кроме того, данная конструкция обеспечивает превосходную термоизоляцию и защиту от вибрации и ударов. Данный факт позволяет использовать эти преобразователи давления в военной и аэрокосмической областях. Общий вид датчиков представлен на рисунке 8. Основные характеристики некоторых серий датчиков данной категории приведены в обобщённой таблице.

СЕРИЯ МИНИАТЮРНЫХ ТЕНЗОДАТЧИКОВ

Миниатюрные датчики разработаны для областей применения, где размер и масса критичны. Датчики данного класса имеют корпус из нержавеющей стали. Работают по такому же принципу, что и датчики для жёстких условий, то есть имеется внешняя мембрана, защищающая чувствительный элемент от повреждений. Одним из основных достоинств данной категории является улучшенная защита от вибраций и ударов. Минимальные размеры и отличные характеристики обуславливают применение в таких специфических системах, как аэрокосмические системы, системы с особыми требованиями по безопасности.

Наиболее ярким представителем данной категории является серия EPXT. Диапазон давления составляет от 0 до 15 000 psi. Рабочие температуры $-55...+255^{\circ}\text{C}$, при этом температурная компенсация осуществляется в диапазоне $-40...+150^{\circ}\text{C}$. Ошибка составляет всего 0,2...0,5% всей температурной шкалы. Общий вид серии EPXT продемонстрирован на рисунке 9. Основные характеристики некоторых серий датчиков данной категории приведены в обобщённой таблице.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brochure Measurement Specialties, 2006.
2. Measurement Specialties: Pressure Transducer for Long-term Stability in Harsh Conditions. New equipment digest. 19.12.2006.
3. Roger Appelo. Pressure controls for R744 climate control systems.



Датчики давления для различных задач



Для монтажа на печатную плату

Диапазон давлений..... 0...500 psi
Рабочая температура..... -40...+125 °C
Нелинейность..... 0,1...0,25%



Для жестких условий

Диапазон давлений..... 0...5000 psi
Рабочая температура..... -40...+125 °C
Нелинейность..... 0,1...1%



Серия тензодатчиков давления Microfused™

Диапазон давлений..... 0...15 000 psi
Рабочая температура..... -40...+125 °C
Общая ошибка..... 1...5%



Серия датчиков давления Schaevitz®

Диапазон давлений..... 0...20 000 psi
Рабочая температура..... -54...+120 °C
Нелинейность..... 0,08...0,25%



Миниатюрные датчики давления

Диапазон давлений..... 0...15 000 psi
Рабочая температура..... -55...+250 °C
Нелинейность..... 0,2...1%

Приобрести продукцию Measurement Specialties можно в компании ПРОСОФТ