

А. Ю. Сатаров – магистрант кафедры микро- и нанотехнологий аэрокосмического приборостроения.

Ю.З. Бубнов (д-р техн. наук, проф.) – научный руководитель

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ В РЕЖИМЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Газочувствительные сенсоры нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства ввиду большой потребности в дешевых и экономичных газовых датчиках.

В большинстве описанных выше случаев к газовому сенсору предъявляются все более жесткие требования по снижению энергопотребления. Основным потребителем энергии в измерительной части газоаналитических приборов является чувствительный элемент, так как чувствительный слой необходимо нагревать до высоких температур, в отдельных случаях до 500 °С. В лучшем случае сенсор потребляет не более 65 мВт при постоянном нагреве. [1]

Однако при правильно организованной системе детектирования величина энергопотребления может быть уменьшена в десятки раз. Это связано с особенностями состояния атмосферы помещений, в которых проводятся мероприятия по обеспечению безопасности. В большинстве случаев представляется целесообразным, чтобы датчик основное время находился в холодном состоянии, при котором энергопотребление минимально и определяется только затратами электроэнергии на питание систем управления. Периодически чувствительный элемент включается и измеряет параметры окружающей среды. Если детектируемый газ не обнаружен, то питание чувствительного элемента отключается до следующего сеанса детектирования. При этом интегральное потребление мощности чувствительного элемента может быть снижено пропорционально отношению времени нагрева чувствительного элемента до высоких температур к паузе между ними.

Если исходить только из энергопотребления чувствительного элемента, то все выше описанное абсолютно правильно, но газовая чувствительность сенсора определяется характеристиками полупроводникового чувствительного слоя. При различных температурах на поверхности этого слоя протекают различные химические процессы. При высокой температуре это в основном процессы десорбции молекул, а при низкой температуре – адсорбции. Пока слой находится в холодном состоянии, на его поверхности адсорбируется большое количество веществ, находящихся в воздухе. При коротком нагреве, когда датчик приводится в рабочее состояние, адсорбированные вещества подвергаются десорбции и удаляются из чувствительного слоя. Приступать к измерениям можно только после установления динамического равновесия, при достижении которого величина проводимости чувствительного слоя должна соответствовать концентрации детектируемого газа.

Задачу проведенного исследования можно сформулировать следующим образом: для выбора правильного режима работы полупроводникового газового сенсора требуется проверить его работу в нескольких режимах, снять характеристики сенсора при подаче тестируемого газа, а так же в состоянии покоя (в нормальных условиях).

Для проведения исследований использовалось специализированное оборудование (газовый стенд), способное создавать необходимую среду, регулировать и контролировать ее состав и расход. Кроме того, для определения параметров измерительных элементов было создано специализированное электронное оборудование, которое соответствует параметрам исследуемых датчиков.

Исследуемые датчики находятся в герметичной измерительной зоне, в которую поступает сформированная газовая смесь с величиной расхода до 1,75 л/мин при нормальном давлении. Использование проточной системы позволяет обеспечить постоянство состава газовой среды для всего объема измерительной зоны (рис. 1). [2]

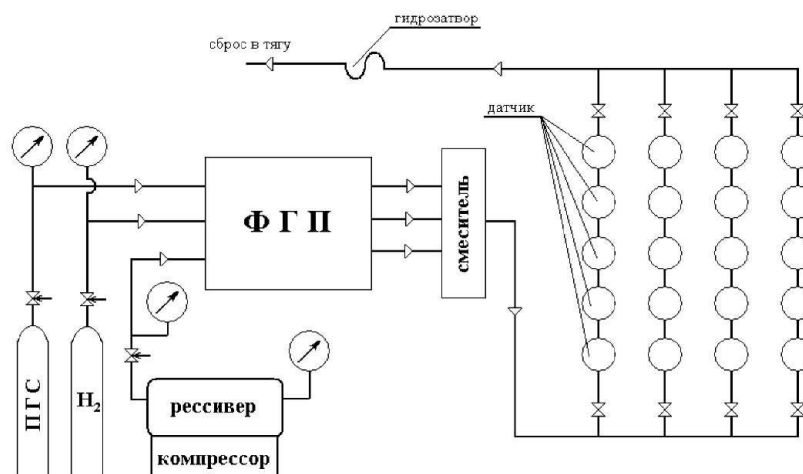


Рис.1. Схема газовой части испытательного стенда [2]

В процессе исследования полупроводниковых сенсоров применялись несколько режимов нагрева/охлаждения чувствительного элемента газового датчика. В результате диагностировалось поведение чувствительного слоя при периодическом нагреве чувствительного слоя в течение 1 секунды и последующем охлаждении его до комнатной температуры. Время нахождения чувствительного слоя в холодном состоянии варьировалось от 1 до 30 секунд. При этом измерялась величина сопротивления чувствительного слоя на конечной стадии нагрева в чистом воздухе и при подаче детектируемого газа. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1.
Характеристики сенсоров, работающих в импульсном режиме [2]

W _{ср} , мВт	пауза (хол.), с	R/R ₀ слоя (гор.)		K _{1/0}
		с газом	без газа	
31,4	1	0,528037	1	1
20,9	2	0,590745	0,994421	1,12
12,56	4	0,674157	0,982426	1,28
5,7	10	0,813187	0,98901	1,54
3	20	0,9009	1	1,7
2	30	0,94667	1	1,79

W_{ср} – средняя мощность потребляемая сенсором; K_{1/0} - поправочный коэффициент; R/R_{0(1/1)} - характеристика чувствительности полупроводникового слоя при 1 с нагрева и 1 с охлаждения; R/R_{0(1/n)} - характеристика чувствительности полупроводникового слоя при 1 с нагрева и n с охлаждения.

Величина K_{1/0} вычислялась по формуле $K_{1/0} = (R/R_{0(1/1)}) / (R/R_{0(1/n)})$.

За величину R/R_{0(1/1)} была принята характеристика чувствительности полупроводникового слоя при нагреве/охлаждении в течение 1/1 секунды. [2]

Ниже приведен график изменения поправочного коэффициента в зависимости от времени паузы (рис. 2).

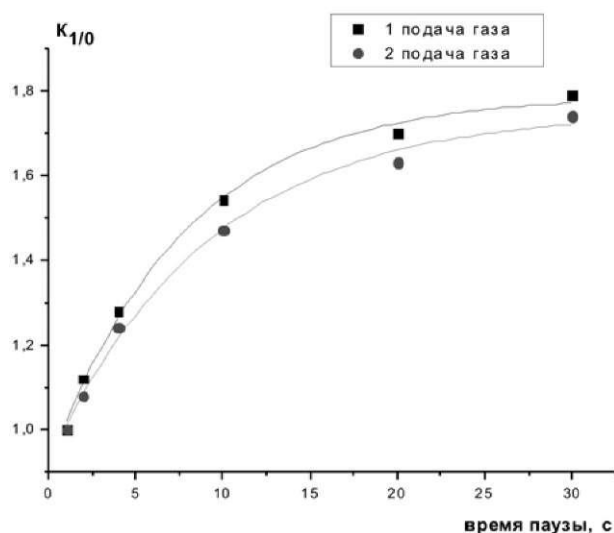


Рис. 2. Зависимость $K_{1/0}$ от длительности паузы в нагреве чувствительного слоя [2]

Также проводились исследования поведения сенсора с длительностью нагрева газочувствительного элемента в течение 5 секунд [2]

Таблица 2.
Характеристики сенсоров, работающих в импульсном режиме при нагреве 5 секунд

W _{ср} , мВт	пауза (хол.), с	R/R ₀ слоя (гор.)		K _{1/0}
		с газом	без газа	
62	0	0,08786	1	1
31	5	0,092051	1	1,05
20,7	10	0,076912	1	0,88
12,4	20	0,078428	1	0,89
8,9	30	0,086368	1	0,98

В этом испытании время нахождения газочувствительного слоя в холодном состоянии изменялось от 0 (режим непрерывной работы) до 30 секунд. Измерялась величина сопротивления чувствительного слоя на протяжении всего эксперимента, как в холодном, так и в горячем режиме. Период регистрации составлял около 1,5 секунды.

В результате мы получаем, что при первом эксперименте величина поправочного коэффициента возрастает с увеличением времени нахождения чувствительного слоя в холодном состоянии. Наиболее вероятно, это связано с тем, что в холодном состоянии на чувствительном слое адсорбируются вещества, находящиеся в анализируемой среде, а времени нагрева (1 с) явно недостаточно для десорбции их с поверхности пористого чувствительного слоя.

Совсем иначе ведет себя чувствительный слой при более длительном нагреве. При длительности нагрева 5 с чувствительный слой практически полностью десорбирует вещества, адсорбированные за время нахождения чувствительного слоя в холодном состоянии, и по своим характеристикам приближается к состоянию чувствительного слоя, работающего при постоянном нагреве.

Таким образом, подобран оптимальный режим работы полупроводникового газового сенсора в режиме энергосбережения.

Библиографический список

1. Каталог продукции «Газочувствительные датчики (сенсоры) Серии СЕНСИС-2000» Москва-Зеленоград 2010 с.2
2. Особенности поведения полупроводниковых газовых датчиков пленочного типа при работе в режиме энергосбережения. С.Ю. Гогиш-Клушин, О.С. Гогиш-Клушина, А.В. Ельчанин, Д.Ю. Харитонов 2010 с. 19-22

