

Новые полупроводниковые MEMS датчики газа компании FIGARO ENGINEERING

Юрий Коваль, ведущий инженер ООО «СЭА Электроникс»

E-mail: yurikov@sea.com.ua

Эта статья знакомит читателей с новыми полупроводниковыми датчиками качества воздуха внутри помещений (далее КВВП) TGS8100, созданными по инновационной MEMS технологии (технологии Микро-Электро-Механических-Систем, далее МЭМС), а также раскрывает некоторые особенности их внутренней структуры и применений.

О РОЛИ ДАТЧИКОВ КВВП В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Многочисленные исследования показали, что загрязненный воздух внутри помещений в доме, в учебных заведениях и на производстве вызывает значительное снижение производительности, повышает утомляемость и риск заболевания людей различными болезнями (аллергией, бронхиальной астмой и др.). При плохой системе вентиляции концентрация загрязненного воздуха увеличивается, в то же время при чрезмерной вентиляции возникают дополнительные потери электроэнергии на электропитание вентиляторов. Датчики КВВП компании FIGARO могут быть эффективным решением для обнаружения необходимого порога загрязнения воздуха внутри помещений в системах вентиляции и очистителях воздуха от таких воздействий как курение, запах алкоголя или парфюмерии, выделение токсичных примесей из дешевой мебели, линолеума и других некачественных строительных материалов.

ПОТРЕБНОСТИ РЫНКА В ДАТЧИКАХ КВВП

Компания FIGARO, мировой лидер по объемам производства полупроводниковых датчиков газа, ежегодно изготавливает и поставляет примерно два миллиона датчиков КВВП, главным образом, на азиатский рынок (Китай,

Корея и Япония). И потребности рынка год за годом увеличиваются и расширяются на других территориях.

Датчики КВВП FIGARO устанавливают в очистителях воздуха, кондиционерах и вентиляторах для контроля загрязнения воздуха в домах и офисах такими газами, как алифатические и ароматические углеводороды, циклические алканы, простые и сложные эфиры, кетоны, галоалканы и галоалкены, азотные примеси и альдегиды (см. рис. 1). FIGARO имеет 20-летний опыт исследований и разработок в этой области, поэтому датчикам КВВП производства FIGARO можно смело доверять.

ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ ПО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ ДАТЧИКОВ КВВП КОМПАНИИ FIGARO

Для уменьшения энергопотребления очистителей воздуха и вентиляционных систем необходимо снизить потребление тока датчиков газа КВВП, установленных в них. Это же решение взял на вооружение и Европейский парламент, выпустив «директиву EuP», которая обязывает производителей бытовой и офисной техники соблюдать экологические требования при проектировании энергопотребляющих устройств.

Компания FIGARO также не отстает от этих тенденций и идет в ногу со временем, разрабатывая датчики КВВП с более низким энергопотреблением (см. рис. 2). На сегодняшний день наименее энергопотребляющим датчиков КВВП у FIGARO является МЭМС датчик TGS8100.

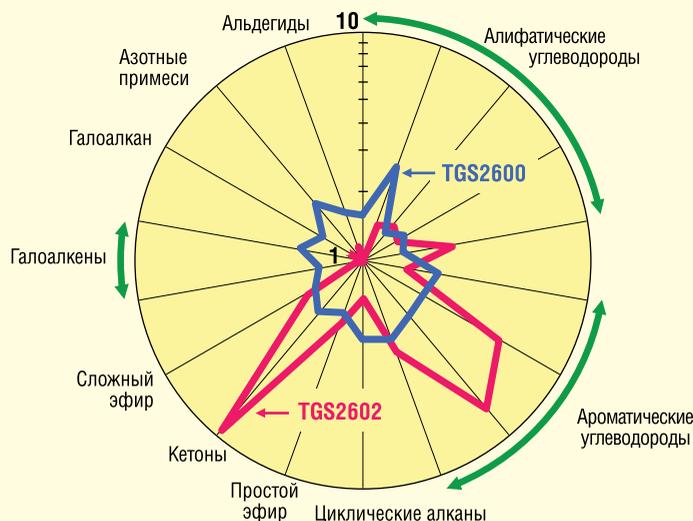


Рис. 1. Диаграмма чувствительности традиционных датчиков КВВП типов TGS2600 и TGS2602

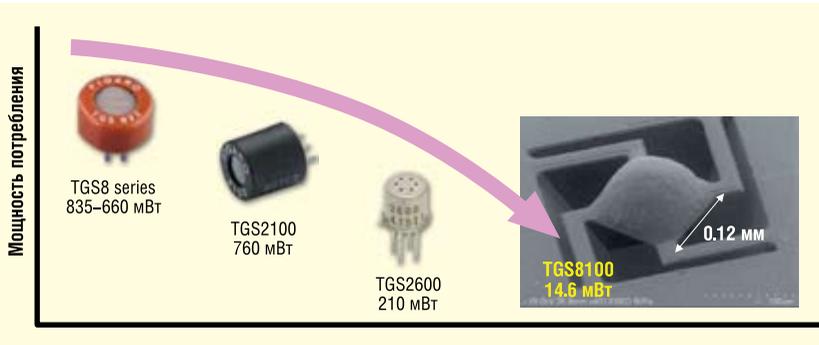


Рис. 2. Эволюция развития датчиков КВВП компании FIGARO по энергопотреблению

ОСОБЕННОСТИ МЭМС ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДАТЧИКОВ ГАЗА КОМПАНИИ FIGARO

Что такое МЭМС? Думаю, что многие уже слышали это слово в названии технологии для новых миниатюрных акселерометров (датчиков ускорения), которые стремительно наращивают сферы своих применений. Механический сенсор, способный распознавать сильные перепады скоростей, широко применяется сегодня для открытия подушек безопасности, или, скажем, для

запуска защитного режима в жестких дисках или других устройствах при падении. Впоследствии получили широкое распространение гироскопы МЭМС, измеряющие угловые скорости движения относительно трех осей, тем самым распознавая точное положение в трехмерном пространстве. Следует отметить, что изготовление микроэлектромеханических систем осуществляется технологическими приемами, аналогичными тем, с помощью которых изготавливают традиционные интегральные схемы. Комбинация механических и электронных компонентов на единой кремниевой ос-

нове или кристалле с габаритными размерами от 0.020 до 1 мм, выполненных в хорошо управляемом технологическом процессе, обеспечивает высокую надежность, функционирование и более низкую стоимость, чем у подобных дискретных механических схем значительно больших размеров. Кроме всего прочего, механические компоненты МЭМС, как правило, мало восприимчивы к внешним агрессивным воздействиям.

Не обошла стороной технология МЭМС и полупроводниковые датчики газа, которые все активнее начинают ее использовать, постепенно заменяя более громоздкую толстопленочную технологию, где размеры кристалла менее 2 мм реализовать так и не удалось.

МЭМС модель позволяет решить проблему высокого энергопотребления, характерную для толстопленочных газочувствительных элементов. Микроэлектронный нагреватель, горячий газочувствительный слой и контактные площадки в этом случае пространственно разнесены, следовательно, нагретая область минимальна. Это ощутимо снижает энергопотребление чувствительного элемента и уменьшает его теплоемкость, давая возможность дат-

Система безперебійного живлення для альтернативної енергетики

- 1 Сонячна панель
- 2 Банк батарей
- 3 Інвертор Mean Well TN-серії
- 4 Мережа 220 В AC / генератор
- 5 Електроприлади

РЕАЛІЗУЙТЕ ІАЕІ 3

www.meanwell.com

Високоякісні інвертори і зарядні пристрої

Пересувні та стаціонарні системи безперебійного живлення

- 1 Зарядний пристрій PB-серії
- 2 Банк батарей
- 3 Інвертор Mean Well TS-серії
- 4 Електроприлади

www.sea.com.ua

Авторизований дистрибутор
Mean Well Enterprises Co., Ltd.
в Україні - ТОВ "СЕА Електронікс"

Центральний офіс:
02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б
тел.: (044) 291-00-41, e-mail: info@sea.com.ua
Регіональні представництва:
Харків, Донецьк, Дніпропетровськ, Одеса, Львів, Севастополь

чику быстрее реагировать на изменение уровня концентрации газа и ускорить его процесс запуска.

Но если в МЭМС акселерометрах не было нагревающих элементов, то в полупроводниковых МЭМС датчиках газа они уже появились, причем разогреваются до очень высоких температур (более +200 °С). Этот нагревательный элемент при изменениях температуры расширяет и сжимает все материалы, находящиеся в непосредственной близости от него, включая и сам сенсорный металлооксидный полупроводниковый элемент, через один из теплопроводящих слоев многослойной мембраны (далее мембраны), под которым, вероятно, этот нагреватель и расположен. Поэтому возникает много интересных и сложных задач, которые приходится решать разработчикам этого МЭМС чипа (см. фото на рис. 2). Одной из таких непростых задач является конструкция, материал и размеры мембраны, на которой устанавливаются нагревательный и сенсорный элементы, а также форма и размеры контактных проводников, подключенных к ним.

Теплоизолирующий слой мембраны, выполненный обычно на основе оксида кремния, обеспечивает теплоизоляцию нагретых частей сенсора (нагреватель и полупроводниковый чувствительный слой) от холодной рамки корпуса. Теплопроводный слой мембраны, выполненный обычно на основе нитрида кремния, обеспечивает передачу тепла и электрическую изоляцию между нагревательным и чувствительными элементами. Нитрид кремния имеет почти на порядок более высокий коэффициент теплопроводности по сравнению с оксидом кремния. Механические напряжения в этих материалах, возникающие при нагреве и охлаждении имеют противоположные знаки, поэтому использование многослойной мембраны позволяет несколько, но не полностью, компенсировать эти напряжения. В результате этого механические напряжения в мембране из оксида и нитрида кремния, используемых для изготовления чувствительного элемента, все-таки возникают и снижают ее стабильность. Кроме того, довольно сложно обеспечить хорошую адгезию чувствительных нанокристаллических материалов и платины к оксиду и нитриду кремния, используемых в мембране. Не следует забывать и тот факт, что нитрид кремния термодинамически неустойчив при температуре более 500 °С во влажной атмосфере. Также нужно уделить осо-

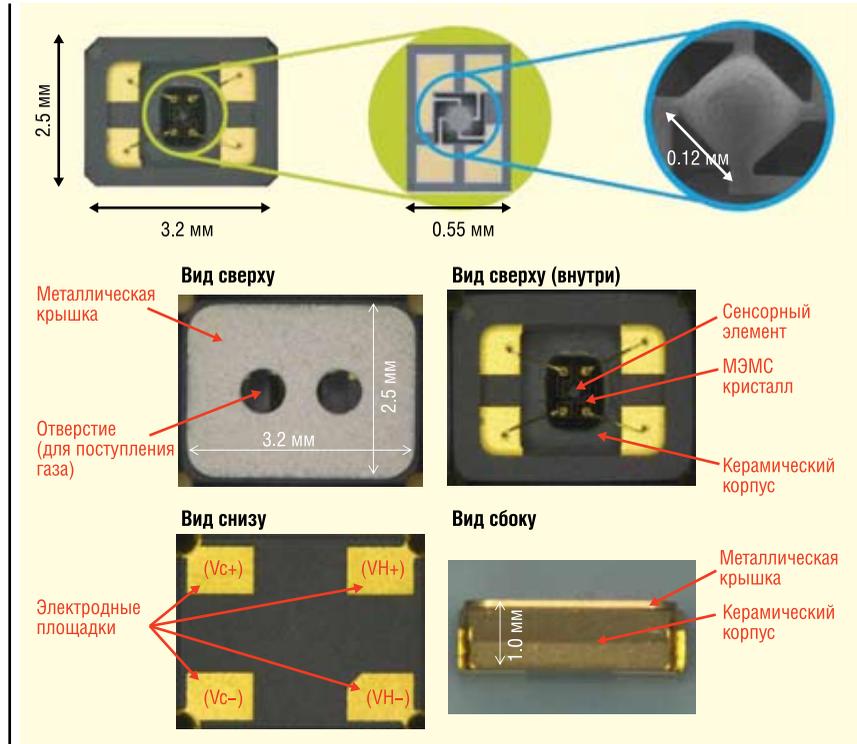


Рис. 3. Габаритные размеры и внутренняя структура датчика TGS8100

бое внимание конструкции четырех теплопроводящих отводов, расположенных на теплоизолирующем слое мембраны (два на нагреватель и два на сенсорный элемент), способных продолжительно и надежно удерживать увесистый сенсорный элемент с нагревателем в подвешенном состоянии, чтобы он не касался керамического корпуса и не нагревал его (в том числе и через эти выводы, длину которых желательно увеличить, а площадь сечения — уменьшить). При нагреве/охлаждении, когда материал этих удлиненных выводов расширяется/сжимается, судя по фотографии на рис. 2, сенсорный элемент с нагревателем будет слегка деформироваться. С другой стороны, такая конструкция возможно будет более чувствительна к

вибрации, ударным нагрузкам и с этим также нужно как-то бороться, увеличивая усталостную и износостойкость материала мембраны или используя специальный теплоизолирующий компаунд, на котором можно приклеивать кристалл к корпусу, пусть даже и с большими суммарными тепловыми потерями.

Можно представить себе, какой толчок в создании на порядок менее энергопотребляющих и более быстродействующих датчиков газа может дать в будущем развитие нанотехнологии, которая позволит создавать кристаллы Нано-Электро-Механических-Систем размером от 50 до 200 нм.

Главными достоинствами МЭМС датчиков TGS8100 являются низкое энергопотребление, миниатюрные раз-

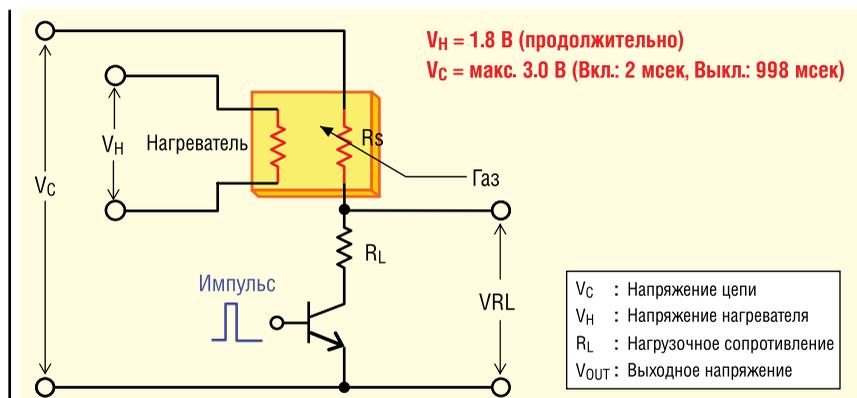


Рис. 4. Схема включения датчика TGS8100

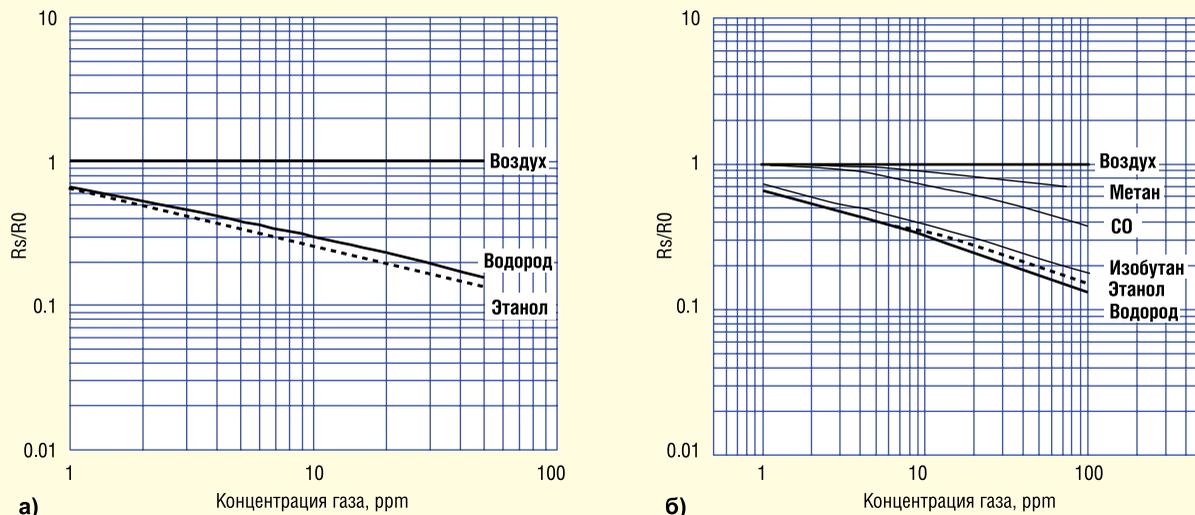


Рис. 5. Графики чувствительности датчиков TGS8100 (а) и TGS2600 (б)

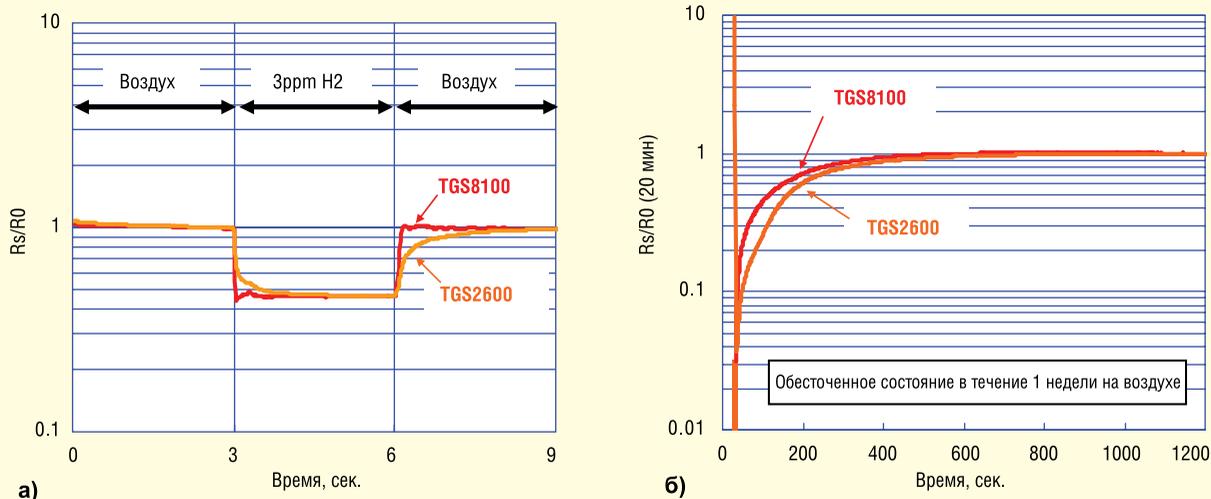


Рис. 6. Графики сравнения времени отклика на изменение концентрации газа (а) и времени установления стабильного напряжения после включения питания (б) датчиков TGS8100 и TGS2600

меры керамического корпуса (см. рис. 3) для поверхностного монтажа (всего $3.2 \times 2.5 \times 1.0$ мм!), малое время отклика на изменение концентрации измеряемого газа и быстрое время запуска.

СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКОВ TGS8100 И TGS8120

Схема включения датчика TGS8100 изображена на рис. 4.

На нить нагревателя датчика TGS8100 подается постоянное напряжение $V_H = 1.8$ В, а на сенсорный элемент от источника питания с $V_C = 3$ В — импульсы длительностью 2 мсек с периодом следования 1 сек, которые формируются транзистором. Напряжение VRL будет выходным напряжением датчика,

которое обычно считывается в нужный момент с помощью АЦП микроконтроллера, определяющего концентрацию газа, загрязняющего воздух.

Графики чувствительности датчиков TGS8100 и TGS2600 изображены на рис. 5. Как видно из рисунков, чувствительность датчиков к водороду и этанолу — одинаковая. Также предполагается, что подобная тождественность по чувствительности будет ожидаться и для других газов, что в данное время и проверяется в лабораториях FIGARO.

Что касается времени отклика на изменение концентрации газа и времени установления стабильного напряжения после включения питания, то здесь TGS8100 выглядит более предпочтительнее (см. рис. 6). Относительно долговечности работы: датчик TGS2600 пока имеет больший срок службы, но FIGARO

продолжает свои работы по увеличению этого срока и для TGS8100.

МЭМС технология оптимальна для серийного производства недорогих и качественных полупроводниковых датчиков газа с небольшим временем отклика и малым энергопотреблением. Первые МЭМС датчики TGS8100 компании FIGARO — этому подтверждение. И в будущем она может стать достойной альтернативой толстопленочной технологии.

ООО «СЭА Электроникс», как официальный дистрибьютор FIGARO ENGINEERING на территории Украины, осуществляет поставки и техническую поддержку продукции этой компании.

Ждем ваших запросов и заказов по телефону (044) 291-00-41 и e-mail: info@sea.com.ua

CNY