

А.В. Федоров, А.А. Лукьянченко, А.В. Соколов
ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ В СИСТЕМАХ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Для обнаружения пожара применяются различные типы датчиков, действие которых основано на фиксировании опасных факторов пожара (дыма, повышения температуры, открытого пламени и др.) на защищаемой площади.

Для всех этих датчиков характерен один недостаток - датчики ждут, когда опасные факторы пожара достигнут самого извещателя (дым, тепловое воздействие). А ведь нередки случаи, когда по объективным причинам обнаружение пожара может быть затруднено. Например, наличие активного кондиционирования воздуха, сложная конфигурация размещения оборудования и материалов и т.д. Все это может привести к увеличению времени обнаружения пожара.

В этих случаях на помощь стандартным пожарным извещателям приходят датчики сверхраннего обнаружения пожарагазоанализаторы, действие которых основано на контроле химического состава воздуха, резко изменяющегося из-за термического разложения, пиролиза, перегретых и начинающих тлеть горючих материалов. Именно на этой стадии развития пожара можно принять адекватные меры его тушения, а в случае перегрева приборов и оборудования их вовремя можно отключить автоматически по сигналу с газового датчика, ликвидировав тем самым развивающуюся пожарную опасность на самой ранней стадии развития. Конечно, ряд газов, выделяющихся на начальной стадии горения (тления), определяется составом материалов, вовлеченных в этот процесс, однако в подавляющем большинстве случаев можно уверенно выделить основные характерные газовые компоненты. Такого рода исследования проводились ВНИИПО в стандартной камере, используемой для имитации пожара, объемом 60 м^3 . Состав выделяющихся при горении газов определялся при помощи хроматографии.

Результаты экспериментов таковы: окись углерода (CO) является основным характерным газовым компонентом, выделяющимся на стадии тления в результате пиролиза материалов, используемых в строительстве. На начальной стадии пожара, при тлении, концентрация CO быстро увеличивается до $20-100\text{ мг/м}^3$, но при появлении пламени наоборот падает, зато растет концентрация двуокиси углерода (CO_2) до уровня более 5000 мг/м^3 , что соответствует сгоранию $40-50$ граммов древесины или бумаги в закрытом помещении объемом 60 м^3 или эквивалентно 10 выкуренным сигаретам. С другой стороны, такой уровень CO_2 достигается в результате присутствия в помещении двух человек в течении 1 часа.

Что очень важно, вместе с CO при тлении всех органических материалов выделяется водород (H_2), который отсутствует в обычных условиях в атмосфере. Несмотря на небольшие концентрации водорода, выделяемого в воздух помещения (до 10 мг/м^3), его легко детектировать при наличии высокочувствительных и селективных датчиков водорода, например на полупроводниковых сенсорах.

Эти эксперименты показали, что порог обнаружения большинства газов (в том числе водорода – H_2 и монооксида углерода – CO) должен находиться на уровне 20 ppm в атмосферном воздухе при нормальных условиях, а быстродействие системы желательно иметь не ниже, чем 10 секунд. Именно этот вывод можно рассматривать как основополагающий и достаточный для разработок целого ряда предупреждающих пожарных газовых сигнализаторов. А высокие чувствительность (для H_2 от $0,01 \text{ ppm}$), селективность, быстродействие и дешевизна полупроводниковых газовых датчиков можно рассматривать как основное их преимущество, в сравнении с другими типами пожарных извещателей. Используемые в них физико-химические принципы детектирования сигналов бесспорно сочетаются с современными микроэлектронными технологиями, что обуславливает низкую стоимость изделий при массовом производстве и высокие технические, энергосберегающие характеристики.

Для того, чтобы физико-химические процессы протекали на поверхности чувствительного слоя достаточно быстро, обеспечивая тем самым требуемое быстродействие на уровне нескольких секунд, сенсор периодически разогревают до температуры $450\text{-}500 \text{ }^\circ\text{C}$, активизируя тем самым его поверхность. В качестве чувствительных полупроводниковых слоев обычно используют мелкодисперсные оксиды металлов (SnO_2 , ZnO и др. с легирующими добавками Pt , Pd и др.) с развитой удельной поверхностью около $30 \text{ м}^2/\text{г}$ из-за структурной пористости формируемых материалов, достигаемой благодаря некоторым технологическим приемам. Нагревателем является резистивный слой, выполненный из инертных материалов (Pt , RuO_2 , Au и др.), электрически изолированный от полупроводникового слоя. При кажущейся простоте их технология формирования сконцентрировала в себе все последние достижения материаловедения и микроэлектронной технологии. Это связано с тем, что для обеспечения конкурентоспособности сенсор должен работать несколько лет, находясь периодически в "стрессовом" состоянии при разогреве до температуры $500 \text{ }^\circ\text{C}$, сохраняя при этом высокие эксплуатационные характеристики, чувствительность, стабильность и селективность, потребляя при этом возможно более низкую мощность (в среднем несколько десятков милливатт).

Такова технология работы газовых сенсоров, широкое применение которых может реально снизить угрозу возникновения пожара и взрыва.

Промышленное производство полупроводниковых сенсоров широко развито во всем мире, однако основную долю мирового рынка занимают японские компании. Признанным лидером и законодателем в этой области является Figaro Inc. с годовым объемом производства сенсоров около 5 млн штук, а также масштабным производством приборов на их основе, включая современную элементную базу и схемотехнику на основе программируемых специализированных устройств. Ряд более мелких производителей сосредоточены как в Японии (New Cosmic Inc.), так и в Южной Корее, Тайване и других странах. В Европе (крупнейшая английская фирма Capteur) и Америке эта отрасль промышленности развита слабее, хотя европейскими странами сейчас производится около 2 млн сенсоров. Компании Bosh и Motorola проявляют растущий интерес к этому перспективному, многообещающему бизнесу.

Однако производство полупроводниковых сенсоров имеет ряд специфических особенностей, которые делают его трудносовместимым в рамках замкнутого производства с традиционной кремниевой микроэлектронной технологией. Это связано с тем, что сенсоры - не столь массовое изделие, как микросхемы, они имеют больший разброс параметров из-за специфики условий работы (это не вакуум, а часто агрессивная среда), их производство требует очень специфичного know how в области физической химии, полупроводникового материаловедения и т.д. Поэтому успех здесь сопутствует специализированным компаниям крупных фирм (например, Microchemical Instrument, европейский филиал Motorola), которые не спешат делиться своими разработками в области высоких технологий. К сожалению, в России и СНГ эта область деятельности никогда не была достаточно развита, хотя исследовательских групп достаточно много (РНИЦ Курчатовский Институт, МГУ, ЛГУ, Воронежский Государственный Университет, ИОНХ РАН, НИФХИ им. Карпова, Саратовский Университет, Новгородский Университет и т. д.)