Известия НАН Армении, Физика, т.36, №1, с.32-43 (2001)

УДК 537.312

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОДАВЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПРИ АДСОРБЦИИ ДЫМА НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА

## А.З.АДАМЯН, З.Н.АДАМЯН, В.М.АРУТЮНЯН

#### Ереванский государственный университет

#### (Поступила в редакцию 9 октября 2000 г.)

Экспериментально исследовано влияние относительной влажности среды на сопротивление тонкопленочных сенсоров дыма на основе двуокиси висмута. Выявлены пути преодоления влияния влажности как дестабилизирующего фактора воздействия на адсорбционный сенсор дыма: введены соответствующие изменения в конструкцию и найдены оптимальные режимы эксплуатации сенсоров дыма. Изучены временные и температурные характеристики сенсоров при воздействии на них смесью воздух-дым с различными концентрациями дыма.

## 1. Введение

Обнаружение и регистрация пожара на самой ранней стадии всегда было и сейчас является актуальной и исключительно важной задачей. В первую очередь это связано с обеспечением безопасности жизни и здоровья людей и с сохранением зданий и сооружений, а также экологии окружающей среды.

Многие из существующих детекторов в основном реагируют на повышенную температуру или твердые частички дыма. Однако, для раннего обнаружения пожара эффективными могут быть именно высокочувствительные детекторы дыма, способные выдать сигнал тревоги при возникновении еще тлеющего очага пожара. Конкурентными с широкоиспользуемыми в настоящее время в системах оповещения пожара фотоэлектрическими и ионизационными детекторами дыма могут быть разрабатываемые нами в последнее время адсорбщионные детекторы дыма на основе тонких пленок Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [1-3]. С этой же целью параллельно ведутся исследования газовых сенсоров на основе пленок SnO<sub>2</sub> [4-6], а также керамики LaAlO<sub>3</sub>-CaTiO<sub>3</sub> [7].

В работах [1-3] выявлены оптимальные технологические режимы изготовления пленок двуокиси висмута для достижения максимальной чувствительности к дыму. Так, установлено, что характеристики резко улучшаются у образцов, подвергнутых отжигу в воздухе при темпера-

32

турах выше 700°С. Известно также (см., например, [8]), что с нагревом только при достижении этих температур Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> претерпевает фазовый переход из моноклинной *α*-модификации в кубическую гранецентрированную δ-модификацию. С охлаждением δ-фаза переходит в объемноцентрированную кубическую γ-фазу с избытком кислорода.

Выявленные нами наиболее оптимальная температура отжига пленок Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, приводящая к резкому увеличению чувствительности к дыму, и корреляция с полиморфными превращениями Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, по-видимому, исключительно важны. Тем более, что в результате проведенных нами рентгеноструктурных измерений [1] установлено, что образцы, прошедшие отжиг при температурах выше 720°С, соответствуют *р*-модификации. Об этом и о соответствующем отклонении от стехиометрии свидетельствуют также увеличение сопротивления пленок, прошедших отжиг при температуре фазового перехода, и изменение цвета пленок.

Наряду с преимуществами предложенных нами адсорбционных детекторов дыма на основе двуокиси висмута [1], такими, как малые потребляемые мощности и габариты, возможность работы в условиях пыльных помещений, нечувствительность к свету, возможность реализации детектора дыма в виде гибридной микросхемы и др., имелись и недостатки, препятствующие широкомасштабному использованию этих детекторов в системах пожарной безопасности. Это – чувствительность сенсоров к изменению относительной влажности среды (RH) [9] и связанная с этим сравнительно низкая чувствительность к дыму. Наши дальнейшие усилия были направлены на преодоление указанных недостатков. Результаты соответствующих исследований, касающихся адсорбционных сенсоров дыма, представлены ниже, в данной статье.

### 2. Экспериментальные исследования сенсоров дыма

Измерения характеристик сенсоров и детекторов дыма проводились на установке, состоящей из герметичной закрытой камеры с изменяющимся объемом, как в [4] (камера сгорания). Внутри камеры устанавливался генератор дыма, представляющий собой специальный резистивный нагреватель. обеспечивающий сгорание или тление различных веществ, в результате чего в камере создавалась необходимой концентрации смесь воздух-дым. В отличие от [4,6], измерительная камера вместе с тестируемым объектом располагалась внутри камеры сгорания. Доступ дыма в гораздо меньшую по размерам измерительную камеру обеспечивался только после того, как устанавливалась однородная смесь воздух-дым. Максимальный объем камеры сгорания был 1.6-10<sup>4</sup> см<sup>3</sup>, а измерительной камеры - 4-10<sup>2</sup> см<sup>3</sup>. Электрические соединения к измерительным приборам и источникам питания осуществлялись через вакуумно-плотный разъем. Таким образом, благодаря герметичности камеры сгорания, измерения проводились не в потоке дыма, направленном на сенсор, а при постоянной концентрации смеси воздух-дым во всем суммарном объеме и при атмосферном давлении. Эти условия соблюдались в течение всего процесса измерений. Такие условия эксперимента, при которых дым не отфильтровывается, а в его состав входят все компоненты и не создается направленный на сенсор поток дыма, как в [4,6], наиболее близки к реальным. По крайней мере, для исследуемых нами тонкопленочных сенсоров на основе Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> создание потока газа – это более благоприятное условие для реагирования. Что касается влияния больших нейтральных и заряженных частиц на чувствительность сенсоров, то этот вопрос нами был изучен ранее [1,2]. Было показано, что это влияние незначительно и не превышает 5% от полной величины отклика. Чувствительность к дыму в нашем случае в основном определяется газовыми компонентами.

Для исследования чувствительности к влажности образцы помещались в герметично закрытую камеру из органического стекла, где размещались также измеритель влажности, термометр и закрывающиеся сосуды с влагопоглотителем. В камере влажности поддерживалась температура  $21 \pm 0,5^{\circ}$ С в течение всего эксперимента. По достижении относительной влажности 20% сосуды с влагопоглотителем закрывались, после чего проводились измерения. Влажность воздуха увеличивалась введением в камеру паров воды.

Измерения сопротивления сенсоров проводились с помощью тераомметра E6-13, универсального вольтметра-электрометра B7-30 и усилителя У5-6. Временные характеристики снимались с использованием самописца КСП-4.

Как уже указывалось выше, сенсоры дыма на основе тонких пленок двуокиси висмута обладали и заметной чувствительностью к изменениям влажности среды. Одновременное повышение концентрации дыма и уровня влажности приводило к резкому уменьшению сопротивления сенсоров. При сравнительно малых значениях относительной влажности влиянием ее на работу детекторов дыма, созданных на основе вышеупомянутых сенсоров, можно пренебречь. Однако, начиная с RH 80% и выше, это влияние становилось существенным, в результате чего вероятность срабатывания детекторов дыма от влажности резко повышалась. Для поиска оптимальных путей преодоления влияния влажности на работу детекторов дыма, необходимо было исследовать чувствительность сенсоров к влаге.

На рис.1 представлена зависимость сопротивления (*R*) исследованных сенсоров дыма от величины относительной влажности. Примечательным является то, что зависимость *R*(RH), построенная в полулогарифмическом масштабе, представляет собой прямую линию почти во всем интервале исследуемых значений RH, а сопротивление пленок с увеличением влажности падает на 5 порядков величины. Это позволяет утверждать, что разработанные нами сенсоры дыма на основе пленок Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> могут работать и как сенсоры влажности. Но целью нашей работы, как отмечалось выше, было не создание и исследование сенсоров влажности, а получение информации о влагочувствительности и поиск оптимальных путей ее преодоления.



Рис.1. Зависимость сопротивления чувствительных к дыму тонких пленок Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от относительной влажности среды.

Согласно [10-12], детектор дыма, представляющий собой электронную схему, одной из компонент которой является тонкопленочный сенсор, срабатывает при понижении сопротивления сенсора до =10<sup>10</sup> Ом и ниже. Это сопротивление определяется схемой детектора. Но из рис.1 видно, что вышеуказанные величины сопротивления реализуются при RH 85–100%. Т.е. в данном диапазоне влажности детектор дыма без принятия специальных мер уже будет находиться во включенном состоянии (ложный сигнал). По этой же причине невозможно было реализовать режим регистрации сравнительно малых концентраций дыма путем оптимизации параметров схемы в условиях высокой влажности.

Таким образом, стало ясно, что для надежного функционирования исследуемых детекторов дыма в условиях высокой влажности (до 100% RH) необходимо ввести изменения в конструкцию сенсоров и электронную схему детекторов дыма.

Чувствительные к дыму образцы представляли собой структуры, состоящие из гребенчатых электродов, полученных ионно-плазменным напылением Та на диэлектрическую подложку из поликора BK-100 (99,8% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) размером 1×1 см<sup>2</sup>, поверх которых вакуумным напылением создавалась пленка Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Далее проводился высокотемпературный отжиг при T ≥ 720°С по технологии, подробно описанной в [1].

Для того чтобы преодолеть влияние изменения относительной влажности среды на работу сенсоров дыма, на расстоянии 2 - 3 мм от лицевой поверхности сенсора нами предлагается установить нагреватель из тонкой нихромовой проволоки, намотанной на теплостойкую диэлектрическую рамку, обеспечивающий нагрев поверхности сенсора до температуры, превышающей температуру окружающей среды всего на 40° - 50°С. С точки зрения устранения влияния влажности не имеет значения, как идет прогрев - со стороны лицевой поверхности или тыльной. И в том, и в другом случае влажность перестает влиять на параметры сенсоров. Однако, было установлено, что чувствительность к дыму существенно повышается при подогреве со стороны лицевой поверхности. При этом температура адсорбируемого газа всегда выше, чем температура чувствительной поверхности сенсора. К тому же, такая конструкция сенсора обеспечивает тягу дыма к чувствительной поверхности за счет конвекционных потоков. Для адсорбционных сенсоров дыма в качестве количественного критерия концентрации лыма, как наиболее точно ее отражающее, удобно и уже принято использовать отношение веса сгораемого вещества к объему камеры сгорания, а именно - г.см<sup>-3</sup> или г.л<sup>-1</sup>. Далее в статье, для удобства, под термином "концентрация дыма" всегда будет подразумеваться именно количество сожженного вещества.

Для того чтобы выявить оптимальный режим работы сенсоров дыма, необходимо было с помощью нагрева обеспечить условия, при которых чувствительность к влажности была бы доведена до минимума или полностью исключалась, чувствительность же к дыму была бы максимальной, а потребляемая мощность – по возможности малой. С этой целью проводились измерения зависимости сопротивления сенсоров дыма от температуры на поверхности сенсора в чистом воздухе и при наличии определенной концентрации дыма в воздухе. Эти зависимости представлены на рис.2. Величины сопротивлений при каждой регистрируемой температуре сенсора измерялись спустя 4 мин после подачи дыма в камеру. Концентрация дыма в камере соответствовала ~6.10-8 г.см3. Температура в камере поддерживалась постоянной в течение всего процесса измерений и была равной 20°С. а RH – 40%. Из кривой Rair/Ramoke, характеризующей изменение чувствительности сенсора к дыму в зависимости от температуры. видно, что максимум этой кривой лежит в области 60°-70°С. Для демонстрации эффекта очувствления к дыму с нагревом специально была выбрана достаточно низкая концентрация дыма в камере, при которой без нагрева изменение сопротивления не регистрируется (начальная точка кривых Rair и Ramoka). При больших концентрациях дыма кривая Ramoke(T) перемещается в сторону меньших значений сопротивления приблизительно параллельно самой себе, по форме

36

мало отличаясь от приведенной на рис.2, и оставаясь всегда ниже R<sub>sir</sub>(T). Несколько больший рост сопротивления может наблюдаться при высоких температурах, когда становится существенной десорбция газовых компонент дыма с поверхности. При высоких уровнях RH участок роста кривой Rain(T) начинается с меньших значений сопротивления и может простираться на несколько порядков величины. Здесь следует отметить, что не столь важно, какова сама рабочая температура поверхности сенсора, как разность температур сенсора и окружающей среды. Оптимальный режим работы сенсора реализуется при подогреве чувствительной поверхности сенсора до температур, превышающих температуру окружающей среды (Tar) всего на 40° - 50°С, когда RH вблизи поверхности составляет единицы процентов. Об этом свидетельствует и тот факт, что аналогичная зависимость Rain/Ramaka с максимумом при  $T > T_{sur}$  на 40° – 50°С наблюдалась и при других температурах окружающей среды в диапазоне от -10°С до +70°С. Далее все остальные характеристики сенсора снимались при выявленном оптимальном режиме работы.



Рис.2. Зависимости сопротивления сенсоров в воздухе и в присутствии дыма (6·10<sup>-8</sup> г·см<sup>-3</sup>), а также относительной чувствительности R<sub>ain</sub>/R<sub>smoke</sub> от температуры.

На рис.3 показано изменение сопротивления сенсоров дыма с временем с момента подачи в измерительную камеру смесей воздухдым с разными концентрациями дыма. Видно, что кривые R(t), начиная с концентраций  $3.8 \cdot 10^{-8}$  г-см<sup>-3</sup>, имеют два ярковыраженных участка спада. Первый – резкий, в пределах до двух минут, и, далее, медленный, постепенно выходящий на насыщение (при 6 мин и более). Спад сопротивления сенсоров в зависимости от концентрации дыма может дос-



Рис.3. Временные зависимости сопротивления сенсоров дыма при воздействии смесью воздух-дым с концентрациями, г-см<sup>-3</sup>:  $\diamond$ , 6.25·10<sup>-9</sup>;  $\Box$ , 9.4·10<sup>-9</sup>;  $\triangle$ , 1.6·10<sup>-8</sup>;  $\blacklozenge$ , 3.8·10<sup>-8</sup>;  $\bullet$ , 6·10<sup>-8</sup>;  $\blacksquare$ , 2.5·10<sup>-7</sup>;  $\blacktriangle$ , 5·10<sup>-7</sup>.

тигать нескольких порядков по величине, как и в [1,2], но, поскольку нас интересовала реакция на малые концентрации дыма, то здесь приводятся только кривые, соответствующие именно таким концентрациям. Экспериментальные кривые восстановления сопротивления после снятия дымового воздействия (рис.3, пунктирные линии) описываются эмпирической формулой

$$R = R_{on} - R_{off} e^{-\lambda t},$$

где  $R_{on}$  и  $R_{off}$  – сопротивления сенсора в моменты подачи и снятия дымового воздействия, соответственно;  $\lambda$  – коэффициент, зависящий от концентрации и времени воздействия дыма; t – время, отсчитываемое с момента снятия дымового воздействия. Коэффициент  $\lambda$ , согласно нашим опытным данным, принимает значения в пределах от 0,055 до 0,076.

# 3. Обсуждение результатов

Согласно [13], в высокоомных окисных полупроводниках и диэлектриках одновременно действуют механизмы электронно-дырочной и ион-радикальной форм проводимости, в силу взаимосвязи электронных и молекулярных процессов на поверхности. С этих позиций и представляется ниже интерпретация полученных результатов.

Известно [13], что в обычных условиях поверхность окислов гидратирована. Адсорбция молекул воды на поверхности вначале происходит по механизму координационных связей. Затягивание неподеленной пары электронов кислорода молекулы H2O на внутренние орбитали атома металла или дефекты на поверхности приводит к ослаблению связей ОН в молекуле, т.е. к ее протонизации. При определенных условиях молекула может потерять протон и превратиться в ОН группу, валентно-связанную с атомом решетки. Таким образом, коорлинационно-связанная молекула воды вполне может выполнять функции протонного центра. Далее, адсорбция в основном протекает по механизму водородных связей, а центрами адсорбции могут быть уже адсорбированные по координационному механизму молекулы воды. Каждая вновь адсорбированная молекула воды образует одну водородную связь с протоном координационно-связанной молекулы воды и вторую – с близлежащей гидроксильной группой. В [13] показано, что адсорбированные молекулы воды остаются в нейтральном состоянии, не образуя положительных ионов на поверхности - для этого требуется преодоление электронами значительного потенциального барьера. В результате адсорбнии на поверхности возникают эффективные диполи, которые, если учесть, что в нашем случае рассматривается полупроводник р-типа, еще более усиливают локальные поля не адсорбщионного происхождения на поверхности. При этом дырки из объема устремляются к поверхности, приповерхностный слой еще более обедняется носителями. В результате такого изменения энергетического спектра поверхности появляются дополнительные локальные уровни в запрещенной зоне на границе раздела полупроводник-газ. Полевое действие молекулы может распространяться на несколько постоянных решетки. Поляризованные в таких полях дефекты превращаются в центры захвата носителей, в данном случае - дырок.

При комнатных температурах все рассмотренные выше процессы уже реализованы. С нагревом образцов начинается десорбция молекул воды, связанных водородными связями. В результате этого уменьшаются дипольные поля, степень заряженности поверхности и, соответственно, искривление зон, и освобожденные носители дают вклад в проводимость. Все это приводит к увеличению электропроводности (первый спадающий участок зависимости  $R_{air}$  от температуры на

рис.2). С дальнейшим высвобождением молекул воды уменьшается количество протонизированных молекул, участвующих в электропроводности, изменяются сечения захвата носителей и кинетика локальных уровней - центры захвата становятся центрами рекомбинации. Растет скорость поверхностной рекомбинации и проводимость падает (на рис. 2 этому соответствует участок роста сопротивления). Это происходит до тех пор пока не начинают высвобождаться адсорбированные водородными связями молекулы воды на самой поверхности. По мере их высвобождения ослабевают локальные поля вокруг дефектов и захваченные ими носители начинают давать вклад в ток, компенсируя уменьшение протонной проводимости. Этому состоянию соответствует максимум зависимости R<sub>air</sub>(T). Второй спадающий участок зависимости R<sub>sir</sub>(T) появляется, когда связанные водородной связью молекулы воды полностью десорбируют. Вместе с десорбщией молекул исчезают и сами локальные уровни, уменьшается скорость поверхностной рекомбинации и ток определяется освободившимися с центров захвата носителями. С дальнейшим прогревом уменьшается адсорбционная активность, на поверхности практически остаются только координационно-связанные молекулы воды, для десорбции которых необходима гораздо более высокая температура – 500-600К [13], и, как следствие, электропроводность изменяется незначительно.

Для определения основных газовых компонент дыма, ответственных за чувствительность сенсора, нами исследовалось влияние различных газов, образующихся при горении, таких, как CO, CO2, H2S, SO2. Наибольшее изменение сопротивления пленок наблюдалось при воздействии сернистым ангидридом. Далеко не претендуя на единственность механизма чувствительности к дыму, отметим, что увеличение проводимости пленок при воздействии дымом, вероятно, во многом связано с образованием сернистой кислоты на поверхности сенсора при реакции хемосорбированного SO2 с водой. В дальнейшем происходит диссоциация H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> с образованием HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> и H<sup>+</sup>, а также 2H<sup>+</sup> и SO3-. По аналогии с вышеописанным механизмом для молекул H<sub>2</sub>O. протонизация поверхности имеет место и при адсорбщии SO2. Без прогрева сенсора эти реакции происходят с молекулами волы. связанными по механизму водородных связей. Образовавшиеся ионы дают существенный вклад в электропроводность только при больших концентрациях дыма (или SO<sub>2</sub>). При малых концентрациях этот вклад не регистрируется (см. начальную точку кривых Rair и Ramoba на рис.2). С ростом температуры вначале все координационно-ненасыщенные центры заблокированы водой и реакция образования H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> продолжается с водородно-связанными молекулами H<sub>2</sub>O. При этом сопротивление Ramoke падает круче, чем Rain, т.к. с температурой диссоциация молекул сернистой кислоты происходит эффективнее. При температурах,

соответствующих росту и максимуму зависимости  $R_{aii}(T)$ , сопротивление  $R_{amoke}$  продолжает падать или становится минимальным, благодаря тому, что диссоциация молекул H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> растет с температурой настолько, что вклад ионов в проводимость увеличивается, несмотря на продолжающуюся десорбцию молекул H<sub>2</sub>O. К тому же при этих температурах обратимая реакция с образованием и диссоциацией молекул H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> происходит в ближайших к координационно-связанным молекулам воды слоях у самой поверхности, что также способствует росту проводимости. Далее, с ростом температуры сопротивление изменяется незначительно, т.к. образование и диссоциация сернистой кислоты происходит только на координационно-связанных молекулах воды, а рост диссоциации при высоких температурах компенсируется увеличением числа десорбируемых с поверхности молекул.

В рамках данной модели объясняются и временные характеристики. Как уже указывалось, изменения сопротивления сенсоров с полачей И снятием дымового воздействия исследовались при температурах, соответствующих максимуму зависимости Rain/Ramoke, при которой адсорбированная на поверхности вода связана в основном с координационно-ненасыщенными центрами. Известно [13], что именно эти центры ответственны за мелленную релаксацию поверхностного заряда. Поэтому при малых концентрациях дыма адсорбционнолесорбнионные процессы проходят через эти центры, а спал и восстановление величины сопротивления, соответственно, происходят за большие времена (единицы и десятки минут). При воздействии большими концентрациями дыма молекулы воды и другие компоненты дыма, после заполнения координационно-ненасыщенных центров, адсорбируются и через водородные связи с протонами координационно-связанных молекул и ОН группами. При этом часть медленных поверхностных состояний переходит в быстрые [14] и спад сопротивления происходит за существенно меньшие времена, порядка секунд. После кратковременного дымового воздействия релаксация проводимости проходит по быстрым состояниям за малое время. Со снятием достаточно длительного воздействия дымом, адсорбированные не по коорлинационным связям молекулы газовых компонент дыма быстро десорбируют и перезарядка поверхностных дефектов вновь происходит по медленным состояниям за большие времена. Таким образом, сенсор как бы "запоминает" длительное воздействие дыма.

Без прогрева, при комнатной температуре, адсорбционно-десорбционные процессы протекают с молекулами H<sub>2</sub>O и газовыми компонентами дыма, связываемыми водородными связями, или через быстрые поверхностные состояния, поэтому релаксация проводимости происходит за малые времена, порядка секунд.

Отметим, что СО и СО2 газы практически не влияют на сопро-

тивление сенсоров. Для предлагаемого механизма чувствительности этого и следовало ожидать, т.к. моноокись углерода не растворяется в воде, воздействие СО не приводит к образованию ионов, а СО2, реагируя с водой, образует ничтожно малое количество ионов по сравнению с SO<sub>2</sub> (константы диссоциации кислот 4,45·10<sup>-7</sup> и 1,58·10<sup>-2</sup>, соответственно [15]). К тому же СО2 - неполярный газ, что уменьшает вероятность его адсорбции и создания соответствующего энергетического спектра на поверхности исследуемого сенсора.

В свете вышеизложенного становится понятной роль фазового перехода двуокиси висмута - катализатора адсорбции, а именно:

1) Переход в у-фазу происходит в результате отжига при высокой температуре и резкого охлаждения до комнатной температуры [8]. При этих условиях образуется большое количество дефектов на поверхности, что усиливает локальные поля вокруг дефектов и заряженность поверхности, способствующие адсорбции.

 Только б→у фазовый переход в Ві<sub>2</sub>О<sub>3</sub> приводит к отклонению стехиометрии в сторону окисления и дырочной проводимости, что увеличивает взаимодействие локальных полей адсорбированных молекул и дефектов на поверхности, приводящее к вытягиванию эффективных диполей и, соответственно, к повышению вероятности адсорбции.

Авторы выражают благодарность М.А.Асатряну за помощь при изготовлении тонкопленочных чувствительных элементов.

Работа выполнена в рамках гранта МНТЦ А-322.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1. V.M.Aroutiounian, Z.N.Adamian, H.V.Abovian, K.R.Movsessian, A.A.Barseghvan, M.S.Panossian. US Patent № 5382341 (1995).
- 2. Z.N.Adamian, H.V.Abovian, V.M.Aroutiounian. Sensors and Actuators, B 35-36. 241 (1996).
- 3. Z.N.Adamian, H.V.Abovian, V.M.Aroutiounian. Proc. of the 6th Int. Meeting on Chemical Sensors, July 22-25, Gaithersburg, USA, p.101 (1996).
- 4. J.Mizsei. Sensors and Actuators, B 18-19, 264 (1994).
- 5. T.Amamoto, K.Tanaka, K.Takahata, S.Matsnura, T.Seiyama. Sensors and Actuators, B 1, 226 (1990).
- G.Korotchenkov, V.Brynzari, S.Dmitriev. Sensors and Actuators, B 54, 191 (1999).
  Z.N.Adamian, V.M.Aroutiounian, A.A.Barseghyan, M.S.Panossian. Chemical Sensors, 9, 126 (1993).
- 8. Л.П.Фомченко, А.А.Майер, Н.А.Грачева. Неорганические материалы, 10, 2020 (1974).
- 9. З.Н.Адамян. Материалы 2-ой Нац. конференции "Полупроводниковая микроэлектроника", май 21-24, Дилижан, Армения, с.166 (1999).
- 10. V.M.Aroutiounian, Z.N.Adamian, M.S.Panossian, A.A.Barseghyan. Sensors and Actuators, B 35-36, 60 (1996).
- 11. V.M.Aroutiounian, Z.N.Adamian, M.S.Panossian, A.A.Barseghyan, H.V.Abovian. Chemical Sensors, 9, 77 (1993).
- 12. Г.В.Абовян, З.Н.Адамян, В.М.Арутюнян, К.Р.Мовсесян, А.А.Погосян. Авт. свид. СССР, №1730913 (1992).

- В.Ф.Киселев. Поверхностные явления в полупроводниках и диэлектриках. М., Наука, 1970.
- 14. А.В.Ржанов. Труды ФИАН, 20, 3 (1963).
- 15. В.Я.Рабинович, З.Я.Хавин. Краткий химический справочник. Л., Химия, 1977.

# ԿՅԱՎՅԳՂՈՍՔՍ ՎԺԾ ԱՂԻ ՎՅՅՎՈՒԺՂԺԿՄՍ ՎՉՔՂՈՐՍՀԱՆԱ ՎԱՍՅԱՋՈՏԺՉ ՄԱՅՅՎՈՑԺՉՋԱ ՄԱՑՅՎՈՒՄՄՈՎ ՄՎՈԴԺԺՄՍՍՅԱ ԴԺՄԺՎՈՏՅԱՆՀԵՏԱՅՀԱՅՀԱՅԱՆՅ ԴԱՅՅՎՈՂՈՒՄՂԱՆ

## Ա.Չ. ԱԴԱՄՅԱՆ, Ձ.Ն. ԱԴԱՄՅԱՆ, Վ.Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Փորձնականորեն հետազոտվել է միջավայրի հարաբերական խոնավության ազդեցությունը բիսմուտի երկօքսիդի հիման վրա ստեղծված ծխի բարակթաղանթային սենադների դիմադրության վրա։ Բացահայտվել են աղարրցիոն ծխի սենադր վրա հակակայունացնող գործոն հանդիսացող խոնավության ազդեցության հաղթահարելու ուղիները՝ ծխի սենադների կառուցվածքի մեջ կատարվել են համապատասխան փոփոխություններ և հայտնաբերվել են շահագործման օպտիմալ ոեժիմները։ Ուսումնասիրվել են սենադների ժամանակային և ջերմաստիճանային բնութագրերը ծխի տարբեր կոնցենտրացիաներով օդ-ծուխ խառնուրդի ազդեցության ներքո։

## INVESTIGATION OF POSSIBILITY OF HUMIDITY INFLUENCE NEUTRALIZATION UNDER SMOKE ADSORPTION ON SEMICONDUCTOR SURFACE

## A.Z. ADAMIAN, Z.N. ADAMIAN, V.M. AROUTIOUNIAN

The influence of relative humidity of the environment on bismuth sesquioxide thin film smoke sensor resistance is investigated experimentally. The ways to overcome the humidity effect as destabilizing factor of exposure adsorption smoke sensor are revealed. Corresponding alterations are made in the construction of sensors, and their optimal operation modes are found. The time and temperature characteristics of the sensors under the influence of air-smoke mixtures with different smoke concentrations are studied.