

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕНСОРА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАРОВ ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М.С. АЛЕКСАНИЯН*, А.Г. САЮНЦ, А.А. ЗАКАРЯН,
В.М. АРУТЮНЯН, В.М. АРАКЕЛЯН, Г.Э. ШАХНАЗАРЯН

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

*e-mail: maleksanyan@ysu.am

(Поступила в редакцию 10 марта 2020 г.)

Исследована чувствительность газового сенсора на основе легированного металлоксида $\text{SnO}_2\text{:Co}$ для обнаружения в окружающей среде паров перекиси водорода, используя вольт-амперные, частотно-емкостные и переходные характеристики. Измерения указанных характеристик были проведены при комнатной температуре под действием ультрафиолетового освещения и без него. Показано, что воздействие ультрафиолетовых лучей на активную поверхность сенсора повышает газочувствительность сенсора. Исследования характеристик показали также, что при воздействии ультрафиолетовых лучей уже при комнатной температуре сопротивление сенсора после прекращения действия паров перекиси водорода почти полностью восстанавливается.

1. Введение

Широко используемое в разных областях промышленности и медицины простое соединение водорода и кислорода H_2O_2 , называемое перекисью водорода, - бесцветная, без запаха, со слегка «металлическим» вкусом жидкость. Перекись водорода кристаллизуется при -0.43°C (склонна к переохлаждению), кипит (разлагаясь) при 150.2°C , ее плотность равна 1470 кг/м^3 . Она растворяется в неограниченных количествах в воде, образуя кристаллогидрат $\text{H}_2\text{O}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Перекись водорода хороший растворитель, который в обычных условиях разлагается очень медленно. При наличии тяжелых металлов (Cu, Mn, Fe, Pt и т. д.), их соединений и ферментов разложение перекиси водорода ускоряется, а присутствие фосфорной кислоты и ее солей предотвращает разложение H_2O_2 . Так как степень окисления кислорода в H_2O_2 равна 1, она может быть и окислителем (что наиболее типично), и восстановителем. В природе H_2O_2 образуется в результате окислительных процессов, протекающих с участием кислорода, в частности, в клетках растений и животных. Промышленность производит в основном концентрированную перекись водорода (90–98%), а продается пергидроль – 30%-ный

раствор H_2O_2 [1–3]. Перекись водорода используется как «чистое вещество»: не загрязняющий окружающую среду окислитель, исходное вещество для получения пероксидных соединений, инициатор полимеризации, окислительная составляющая ракетного топлива, а также отбеливатель шелка, шерсти, меха и других материалов. Перекись водорода не токсична, но концентрированные растворы H_2O_2 могут вызвать ожоги кожи, дыхательных путей и слизистой оболочки. В медицине используется 3%-ный раствор перекиси водорода как дезинфицирующее, стерилизирующее и дезодорирующее средство, для промывания и полоскания при воспалении полости рта, ангине, гинекологических заболеваниях. Растворы и мази, содержащие H_2O_2 , используются в качестве отбеливателей в косметике [4–6].

В современном технологическом мире точное измерение концентрации растворов и паров перекиси водорода является актуальной проблемой. В последние десятилетия особо востребованы устройства для обнаружения в окружающей среде паров H_2O_2 и точного измерения их небольших концентраций. Имеющиеся в настоящее время сенсоры для обнаружения паров перекиси водорода, как правило, дорогие, не способны обнаруживать их малые концентрации (< 100 ppm), не имеют временной стабильности параметров и потребляют довольно много энергии [7,8]. Среди различного типа сенсоров для обнаружения паров H_2O_2 наиболее перспективными являются полупроводниковые газовые сенсоры, характеризующиеся низкой стоимостью, высокой чувствительностью, селективностью, временной стабильностью, простой технологией изготовления и т.д. Несмотря на все это, остается ряд вопросов, требующих сегодня тщательного исследования и решения. Основные проблемы здесь связаны с условиями эксплуатации и стабильностью сенсора. Проблема заключается в том, что для возникновения и поддержания на поверхности полупроводника электрохимических реакций в процессе работы сенсора требуется нагрев рабочего тела. Высокая температура обеспечивает необходимую величину плотности заряда на поверхности полупроводника. При высоких температурах процессы происходят быстрее, активируются адсорбированные на поверхности кислородные центры, что приводит к увеличению реакционной способности между кислородом и молекулами воздействующего газа [9].

Обычно термоактивируемые металлооксидные газовые сенсоры проявляют чувствительность в диапазоне температур 175–500°C [10]. Однако, необходимость нагрева рабочего тела приводит к возникновению ряда трудностей при использовании полупроводниковых металлооксидных газовых сенсоров [11, 12]. Такие высокие рабочие температуры ограничивают возможность использования сенсора для обнаружения горючих газов, а также не целесообразны с точки зрения большого энергопотребления и сохранения стабильности параметров металлооксидных пленок. Несмотря на то, что уменьшение размеров сенсора позволяет

в значительной мере управлять его рабочей температурой, в то же время это сопровождается увеличением времени изготовления сенсора, что также является серьезной проблемой. В настоящее время почти все, имеющиеся на рынке, а также исследуемые и разрабатываемые на лабораторном уровне сенсоры работают при высоких температурах и потребляют относительно большую электроэнергию [13].

Рабочая температура резистивных сенсоров может быть снижена путем изменения структуры газочувствительной пленки (размеров зерен и пор металлоксида и т. д.), типа материала, размеров и типа каталитических частиц, а также геометрической формы и размеров сенсора. Структурные изменения позволяют снизить рабочую температуру сенсора, не доводя ее, однако, до комнатной температуры. С этой точки зрения наиболее предпочтительным путем уменьшения рабочей температуры является освещение активной поверхности сенсора ультрафиолетовым (УФ) излучением. Под действием УФ лучей в полупроводнике генерируются электронно-дырочные пары, вследствие чего высокое сопротивление металлоксидной пленки уменьшается, достигая измеримого диапазона, и, с другой стороны, УФ лучи стимулируют протекающие на поверхности полупроводника химические реакции полупроводник-газ. Таким путем становится возможной регистрация низких концентраций паров перекиси водорода даже при комнатной температуре. Освещение активной поверхности сенсора УФ излучением осуществляется с помощью современных портативных светодиодных систем с низким энергопотреблением [14–18].

В данной работе представлены результаты исследований влияния воздействия ультрафиолетовых лучей на вольт-амперные, частотно-емкостные и переходные характеристики сенсоров на основе полупроводникового $\text{SnO}_2\text{:Co}$ для обнаружения в окружающей среде паров перекиси водорода при комнатной температуре.

2. Методика эксперимента

Технология изготовления резистивного сенсора для обнаружения паров перекиси водорода, чувствительным элементом которого является металлоксидный легированный полупроводник $\text{SnO}_2 + 2 \text{ ат.}\% \text{ Co}$, подробно описана в наших предыдущих работах [19, 20]. Заметим, что газочувствительная пленка металлоксида $\text{SnO}_2\text{:Co}$ была осаждена методом высокочастотного магнетронного распыления на подложку, в качестве которой использовалась мультисенсорная платформа (Multi-Sensor-Platform, TESLA BLATNÁ). Эта платформа состоит из оксидно-алюминиевой подложки с платиновыми гребенчатыми омическими контактами, окруженными нагревателем (Pt1000). По краям активной поверхности платформы расположен также платиновый датчик температуры. Нагреватель и

датчик температуры покрыты стеклянным изолирующим слоем. На активную поверхность подложки на платиновые контакты были осаждены металлооксидная газочувствительная пленка и каталитические частицы. Изготовленный сенсор представлен на рис. 1.

Резистивные характеристики полупроводниковой пленки были исследо-

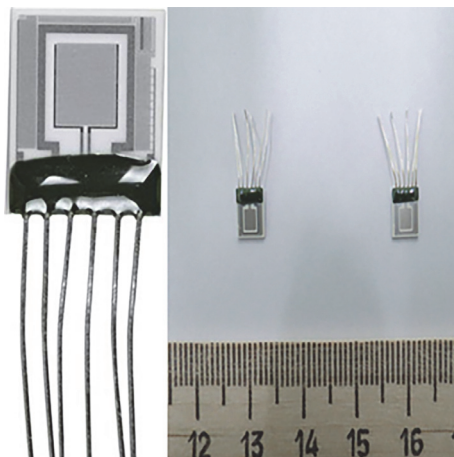


Рис.1. Изображение $\text{SnO}_2\text{:Co}$ резистивного сенсора.

ваны с помощью специальной системы для измерения характеристик газового сенсора, описанной в [21]. В этой системе с измерительной камерой герметично соединены управляющий потоком воздействующего газа электромагнитный клапан и электрический датчик давления MPX5010DP фирмы «Motorola». Управление клапаном осуществляется через один из цифровых выходов платы для сбора и обработки данных (DAQ). Электрические соединения образца и нагревателя, а также вывод электрического сигнала от испытуемого образца обеспечиваются с помощью герметичного разъема. Сигналы поступают на плату DAQ через клавишную плату PCLD-8115. Программное обеспечение для управления написано в среде Borland Delphi 6.0. Прием и обработка всех исследуемых сигналов осуществляются с помощью этой программы. Программа управления позволяет изменять состав, температуру и давление газовой среды, а также температуру поверхности исследуемых образцов. Таким образом, программное обеспечение измерительной системы [22] позволяет регистрировать как происходящие в результате высокоскоростных (менее секунды) процессов изменения сопротивления сенсора, так и долгосрочные изменения сопротивления сенсора, обусловленные деградацией параметров в процессе длительной эксплуатации.

В измерительной камере на расстоянии 1 см от сенсора располагается испускающий ультрафиолетовое излучение светодиод (LED – RC35E6-UIE-AR), который может интенсивно освещать поверхность образца УФ лучами с длиной волны 365 нм.

Вольт-амперные и емкостно-частотные (C-F) характеристики изготовленного сенсора были измерены с помощью системы Keithley 4200-SCS (Semiconductor Characterization System). Прикладываемое к образцу при исследовании вольт-амперных характеристик напряжение изменялось в пределах от -1 В до 1 В. При измерении (C-F) характеристик к исследуемому образцу прикладывалось переменное напряжение с амплитудой 100 мВ, частота варьировалась в пределах от 100 кГц до 10 МГц.

Вольт-амперные, C-F и переходные характеристики изготовленного сенсора были измерены при комнатной температуре без воздействия и под действием УФ лучей в чистом воздухе и при наличии в окружающей среде разных концентраций паров перекиси водорода. По результатам измерений C-F характеристик чувствительность сенсора рассчитывалась как отношение емкостей на наименьшей из измеряемых частот при отсутствии и при наличии в окружающей среде перекиси водорода ($C_{\text{воздух}}/C_{\text{газ}}$). Общепринято чувствительность сенсора определять по результатам измерений переходных характеристик как отношение сопротивления сенсора при наличии в воздухе воздействующего газа к его сопротивлению в чистом воздухе ($R_{\text{газ}}/R_{\text{воздух}}$).

3. Экспериментальные результаты и их обсуждение

Чувствительность изготовленного нами полупроводникового $\text{SnO}_2:\text{Co}$ сенсора к парам перекиси водорода (H_2O_2) была исследована, используя три метода: измерение вольт-амперных, C-F и переходных (резистивных) характеристик. Указанные характеристики были измерены при комнатной температуре без и под воздействием ультрафиолетовых (УФ) лучей.

Вначале были измерены вольт-амперные характеристики $\text{SnO}_2:\text{Co}$ сенсора в области напряжений от -1 В до 1 В в чистом воздухе и при концентрации 100 ppm паров H_2O_2 без УФ освещения. Измерения показали отсутствие чувствительности исследуемого сенсора к парам H_2O_2 (концентрация 100 ppm) при комнатной температуре при отсутствии облучения УФ лучами. Далее были проведены измерения вольт-амперной характеристики $\text{SnO}_2:\text{Co}$ сенсора при комнатной температуре в чистом воздухе при воздействии УФ излучения с интенсивностью 2 МВт/см². Как следует из рис.2, вольт-амперная характеристика изготовленного сенсора при воздействии УФ лучей сохраняет линейность, однако значения проходящих токов больше. Это связано с тем, что под воздействием УФ лучей в полупроводнике генерируются свободные носители, сопротивление пленки уменьшается, и, соответственно, при одном и том же напряжении ток, протекающий через пленку при воздействии УФ освещения,

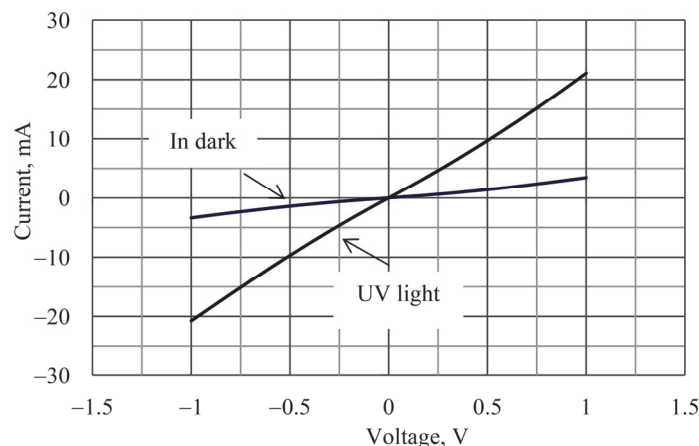


Рис.2. Вольт-амперные характеристики $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора в чистом воздухе без и при воздействии УФ освещения.

больше, чем ток, проходящий без УФ освещения [23].

Высокая рабочая температура резистивных сенсоров обусловлена, главным образом, высокими энергиями активации протекающих на поверхности полупроводника химических реакций полупроводник–газ. Обычно при комнатной температуре при отсутствии УФ освещения на поверхности полупроводника имеет место физическая адсорбция, а не хемосорбция. В этом случае обмен электронами между молекулами газа и полупроводника не происходит. При более высоких температурах ($>100^\circ\text{C}$), когда энергия системы достаточна для активации химических реакций, имеет место хемосорбция, которая сопровождается обменом электронами. В таком случае наличие в воздухе действующего газа приводит к изменению проводимости металлоксидной пленки. Лучшим путем активирования химических реакций при комнатной температуре является освещение активной поверхности сенсора УФ лучами, которые не только генерируют в полупроводнике электронно-дырочные пары (что увеличивает проводимость полупроводника), но и в значительной степени способствуют более быстрому и эффективному протеканию химических реакций. Таким образом можно ожидать, что в результате воздействия УФ лучей уже при комнатной температуре полупроводниковый сенсор проявит чувствительность к действующему газу [24–27]. Это предположение подтверждают результаты измерений вольт-амперных характеристик изготовленного $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора при воздействии УФ излучения. Исследуемый сенсор обнаруживает чувствительность к парам перекиси водорода под воздействием УФ лучей при комнатной температуре. Рассчитанная по результатам этих исследований как отношение электрических токов ($I_{\text{воздух}}/I_{\text{газ}}$), проходящих при наибольшем напряжении через сенсор при отсутствии и при наличии в воздухе паров перекиси водорода, чувствительность

SnO₂:Co сенсора к парам H₂O₂ с концентрацией 100 ppm под воздействием УФ лучей составляет 1.28.

Второй метод исследования чувствительности изготовленного SnO₂:Co газового сенсора основывается на измерении С- ω характеристик. На рис.3 представлены результаты этих измерений, проведенных без УФ освещения сенсора в чистом воздухе и при наличии паров H₂O₂ с концентрацией 100 ppm. При изменении частоты прикладываемого переменного напряжения в диапазоне от 100 кГц до 10 МГц высокочастотная емкость сенсора изменяется в пределах от 11 пФ до 43 пФ. Такой ход С- ω характеристик можно объяснить в рамках модели эквивалентных цепей Госвами [28]. Согласно этой модели, система моделируется эквивалентной схемой, состоящей из параллельно соединенных не зависящей от частоты емкости (C') и дискретного температурного резистивного элемента (R), которые последовательно соединены с небольшим сопротивлением. В соответствии с этой моделью измеряемая последовательная емкость сенсора (C) определяется по формуле $C = C' + 1/\omega^2 R^2 C'$. Из представленной на рис.3 зависимости видно, что с увеличением частоты переменного напряжения емкость сенсора уменьшается, а на наиболее высоких частотах она снова начинает расти. В низкочастотном диапазоне емкость C' в действительности постоянная величина, и общая емкость C при увеличении ω уменьшается из-за второго члена формулы. Наблюдаемое на более высоких частотах некоторое увеличение общей емкости (C) связано, вероятно, с тем, что в этой области емкость C' не остается частотно не зависимой, а, в свою очередь, начинает с увеличением частоты расти быстрее, чем C падает по закону $1/\omega^2$.

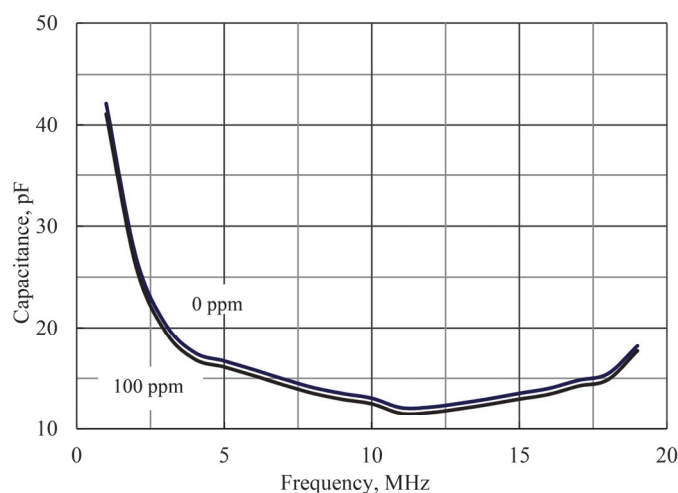


Рис.3. Частотно-емкостные характеристики SnO₂:Co сенсора при отсутствии (0 ppm) и при наличии (100 ppm) в воздухе паров H₂O₂ без УФ освещения.

Как видно из рис. 3, метод исследования С- F характеристик без освещения УФ лучами практически не позволяет обнаружить чувствительность изготовленного $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора к парам перекиси водорода при комнатной температуре.

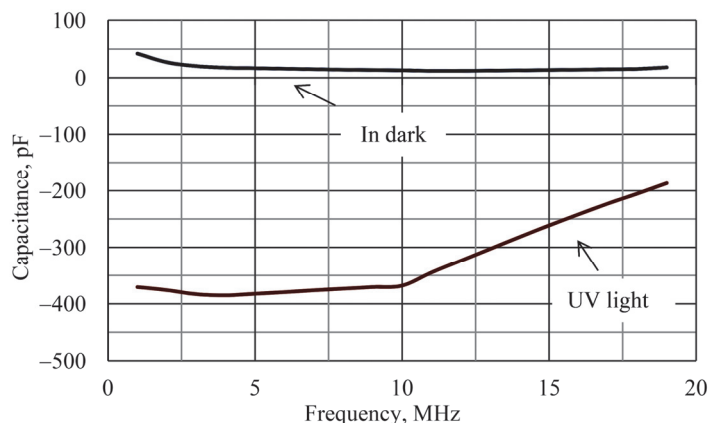


Рис.4. С- F характеристики $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора в чистом воздухе без и при воздействии УФ освещения.

Были измерены частотно-емкостные характеристики $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора при комнатной температуре под воздействием УФ излучения с интенсивностью 2 МВт/см^2 при отсутствии и при наличии (100 ppm) в воздухе паров H_2O_2 . Как видно из представленных на рис.4 результатов, при воздействии УФ излучения характеристика смещается в сторону отрицательных значений емкости. Как уже отмечалось, воздействие УФ лучей в значительной степени влияет на протекающие на поверхности полупроводника кинетические процессы, которые модулируют высокочастотную емкость газочувствительной пленки [29–31].

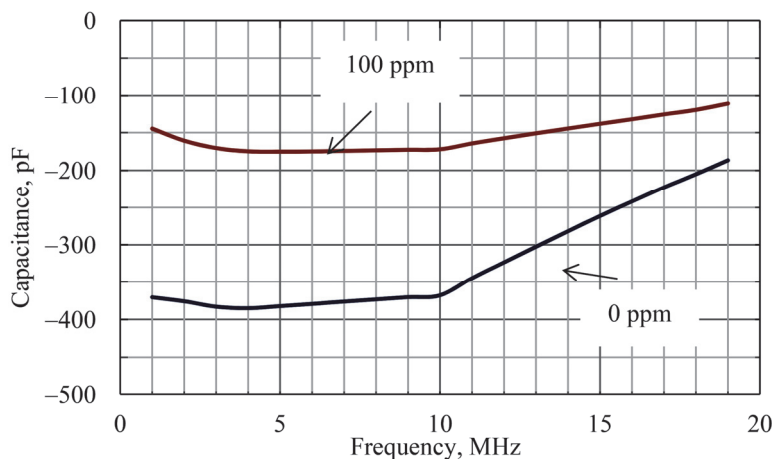


Рис.5. Частотно-емкостные характеристики $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора при отсутствии (0 ppm) и при наличии (100 ppm) в воздухе паров H_2O_2 под действием УФ освещения.

Чувствительность изготовленного $\text{SnO}_2:\text{Co}$ сенсора к парам перекиси водорода при комнатной температуре при воздействии УФ освещения была определена на основе представленных на рис.5 результатов исследования С- F характеристик. Рассчитанная как отношение емкостей на наименьшей из измеряемых частот при отсутствии и при наличии в окружающей среде перекиси водорода ($C_{\text{воздух}}/C_{\text{газ}}$) чувствительность $\text{SnO}_2:\text{Co}$ сенсора к парам H_2O_2 с концентрацией 100 ppm при комнатной температуре под воздействием УФ лучей равна 2.34.

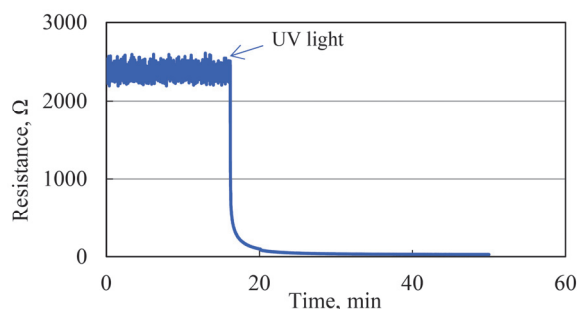


Рис.6. Изменение сопротивления $\text{SnO}_2:\text{Co}$ сенсора под действием УФ освещения в чистом воздухе при комнатной температуре.

Было исследовано влияние УФ излучения на переходные характеристики $\text{SnO}_2:\text{Co}$ сенсора. На рис.6 представлено изменение сопротивления $\text{SnO}_2:\text{Co}$ пленки при воздействии УФ лучей с интенсивностью 2 МВт/см^2 в чистом воздухе при комнатной температуре. Как видно из представленных на рис. 6 результатов, сопротивление сенсора уменьшалось примерно в 85 раз при воздействии УФ лучей. Под действием УФ излучения в полупроводнике интенсивно генерируются электронно-дырочные пары, что приводит к резкому уменьшению сопротивления пленки.

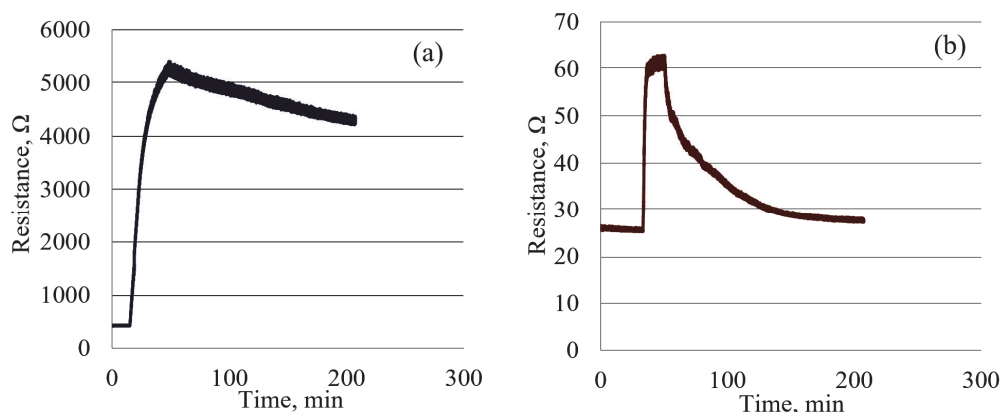


Рис.7. Переходные характеристики $\text{SnO}_2:\text{Co}$ сенсора при наличии в воздухе 100 ppm паров H_2O_2 без (а) и под действием (б) УФ освещения при комнатной температуре.

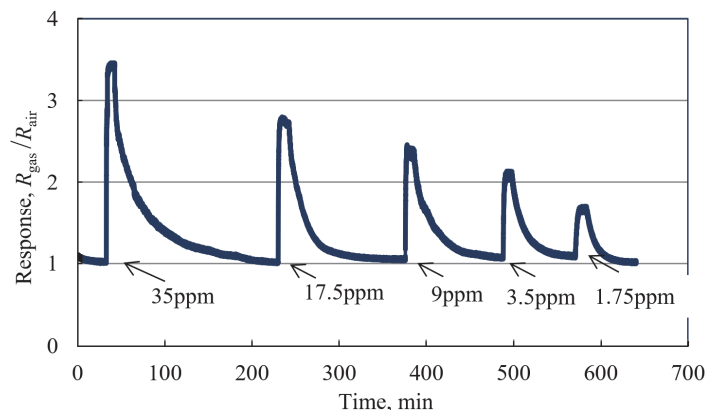


Рис.8. Чувствительность $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора при воздействии различных концентраций паров H_2O_2 под действием УФ освещения при комнатной температуре.

Методом измерения переходных характеристик были проведены исследования чувствительности $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора к парам H_2O_2 с концентрацией 100 ppm без и под воздействием УФ излучения при комнатной температуре (рис.7). И в том, и в другом случаях сенсор обнаруживает достаточную чувствительность к парам перекиси водорода: сопротивление сенсора заметно увеличивается (в 13 и 2.8 раза, соответственно без и под действием УФ лучей). Однако, как видно из представленных на рис.7а переходных характеристик, при отсутствии УФ освещения сопротивление сенсора практически не восстанавливается после прекращения действия воздействующего газа. Поэтому, несмотря на высокую чувствительность изготовленный $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсор без воздействия УФ излучения практически может работать только в одноразовом режиме, так как для многократной работы его необходимо каждый раз восстанавливать (например, используя дополнительное импульсное нагревание). Воздействие УФ лучами делает исследуемый сенсор пригодным для практического многократного применения уже при комнатной температуре.

Методом измерения переходных характеристик была исследована чувствительность $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора к различным концентрациям паров H_2O_2 под воздействием УФ лучей при комнатной температуре (рис.8). Как видно, сенсор обнаруживает чувствительность даже к чрезвычайно малым концентрациям паров H_2O_2 . Сопротивление $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора изменяется примерно в 1.6 раза, когда в измерительной камере концентрация паров H_2O_2 равна 1.75 ppm. Эти исследования показали также, что время отклика сенсора порядка секунд, а время восстановления сенсора больше времени отклика (составляет порядка минут), что связано с замедленной десорбцией молекул газа с поверхности полупроводника при низких температурах.

Была исследована также зависимость чувствительности $\text{SnO}_2\text{:Co}$ сенсора от концентрации паров H_2O_2 под действием УФ лучей при комнатной

температуре. Как видно из представленных на рис. 9 результатов, эта зависимость практически линейная, что позволяет использовать изготовленный сенсор не только для обнаружения паров перекиси водорода в окружающей среде, но и для измерения их концентрации.

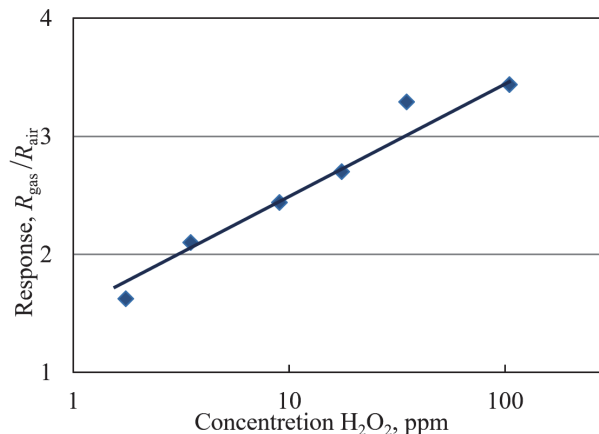


Рис.9. Зависимость чувствительности $SnO_2:Co$ сенсора от концентрации паров H_2O_2 под действием УФ освещения при комнатной температуре.

4. Заключение

Чувствительность газового сенсора, изготовленного на основе полупроводниковой легированной металлоксидной $SnO_2:Co$ пленки, была исследована тремя методами: измерением резистивных, С- F и переходных зависимостей. Исследование этих характеристик проводилось при комнатной температуре как в чистом воздухе, так и при наличии разных концентраций паров перекиси водорода под действием ультрафиолетового освещения и без него. Установлено, что воздействие ультрафиолетовых лучей приводит к повышению чувствительности $SnO_2:Co$ сенсора к парам перекиси водорода при комнатной температуре. Наиболее предпочтительным из указанных является резистивный метод измерения чувствительности. Показано, что изготовленный $SnO_2:Co$ сенсор под действием ультрафиолетовых лучей при комнатной температуре обнаруживает достаточную высокую чувствительность к парам перекиси водорода с довольно низкой концентрацией: сопротивление сенсора при воздействии 1.75 ppm паров перекиси водорода увеличивается в ~1.6 раза. Воздействие ультрафиолетовых лучей приводит также к тому, что сопротивление сенсора после удаления воздействующего газа почти полностью восстанавливается даже при комнатной температуре.

Работа выполнена в рамках программы 19YR-2K002 (Молодые ученые 2019-2021) тематического финансирования Научного комитета Министерства образования, науки, культуры и спорта Республики Армения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **J.D. Stull, T.A. Nicholson, D.E. Davis, S. Namdari.** Journal of Shoulder and Elbow Surgery, **29**, 212 (2020).
2. **V. Aroutiounian, V. Arakelyan, M. Aleksanyan, G. Shahnazaryan, P. Kacer, P. Picha, J. Kovarik, J. Pekarek, B. Joost.** J. Sensors Sens. Syst., **7**, 281 (2018).
3. **L.J. Thenard.** Ann. Chim. Phys., **8**, 306 (1818).
4. **B. Halliwell, M.V. Clementb, L.H. Long.** FEBS Letters, **486**, 10 (2000).
5. **J.P.E. Spencer, A. Jenner, O.I. Aruoma, C.E. Cross, R. Wu, B. Halliwell.** Biochem. Biophys. Res. Commun., **224**, 17 (1996).
6. **V.M. Aroutiounian.** J. Nanomedicine and Nanotechnology, **11**, 3 (2020).
7. **B.P. Garreff, M. Guo, N. Tokranova, N.C. Cady, J. Castracane, I.A. Levitsky.** Sensors and Actuators B, **276**, 466 (2018).
8. **I. Simon, N. Barsan, M. Bauer, U. Weimar.** Sensors and Actuators B, **73**, 1 (2001).
9. **V.M. Aroutiounian.** Medical Science in Armenia, **60**, 3 (2020).
10. **D. Kohl.** J. Phys. D: Appl. Phys., **34**, R125 (2001).
11. **V. Brinzari, G. Korotcenkov, V. Golovanov.** Thin Solid Films, **391**, 167 (2001).
12. **S. Capone, P. Siciliano, F. Quaranta, R. Rella, M. Epifani, L. Vasanelli.** Sensors and Actuators B, **77**, 503 (2001).
13. **V.M. Aroutiounian.** Sensors & Transducers, **223**, 9 (2018).
14. **Z.Wanga, X. Penga, C. Huang, X.Chen, W. Daia.** Applied Catalysis B: Environmental, **219**, 379 (2017).
15. **R. Dhahria, M. Hjiria, L.El. Mira, A. Bonavitab, D. Iannazzo, S.G. Leonardi, G. Neri.** Applied Surface Science, **355**, 1321 (2015).
16. **Y. Mun, S. Park, S. An, C. Lee, H.W. Kim.** Ceramics International, **39**, 8615 (2013).
17. **N.D. Chinh, C. Kim, D. Kim.** Journal of Alloys and Compounds, **778**, 247 (2019).
18. **G. Kumar, L. Xuejin, Y. Du, Y. Geng, X. Hong.** Journal of Alloys and Compounds, **798**, 467 (2019).
19. **V.M. Aroutiounian, V.M. Arakelyan, M.S. Aleksanyan, G.E. Shahnazaryan, A.G. Sayunts, B. Joost.** Sensors & Transducers, **229**, 24 (2019).
20. **V. Aroutiounian, V. Arakelyan, M. Aleksanyan, G. Shahnazaryan, P. Kacer, P. Picha, J. Kovarik, J. Pekarek, B. Joost.** Journal of Sensors and Sensor Systems, **7**, 281 (2018).
21. **Z. Adamyan, A. Sayunts, V. Aroutiounian, E. Khachaturyan, M. Vrnata, P. Fitl, J. Vlcek.** J. Sensors Sens. Syst., **7**, 31 (2018).
22. **А.З. Адамян.** Известия НАН РА и ГИУА, Тех. Науки, **59**, 155 (2006).
23. **E. Espid, A.S. Noce, F. Taghipour.** Journal of Photochemistry & Photobiology A, **95**, 374 (2019).
24. **N. Barsan, M.S. Belberich, W. Gopel, Fresenius.** J. Anal. Chem., **365**, 287 (1999).
25. **M.S. Aleksanyan, V.M. Arakelyan, V.M. Aroutiounian, A.Z. Adamyan, G.E. Shahnazaryan.** J. Contemp. Phys. (Armenian Ac. Sci.), **45**, 291 (2010).
26. **M.S. Aleksanyan, V.M. Arakelyan, V.M. Aroutiounian, G.E. Shahnazaryan.** J Contemp. Phys. (Armenian Ac. Sci.), **46**, 86 (2011).
27. **D. Kohl.** Sensors and Actuators, **18**, 71 (1989).

28. **M. Singh, A. Mahajan, R. K. Bedi, D.K. Aswal.** Electronic Materials Letters, **9**, 101 (2013).
29. **A. Thakre, S.S. Kushvaha, M.S.Kumarab, A. Kumar.** RSC Advances, **8**, 32794 (2018).
30. **F. Ebadi, N. Taghavinia, R. Mohammadpour, A. Hagfeldt, W. Tress.** Nat. Commun., **10**, 1574 (2019).
31. **R.E. Rachmanita, S. Boonkirdram, S. Thawankaew, W. Chao-Moo, A. Vora-Ud, M.S. Muntini, T. Seetawan.** SNRU Journal of Science and Technology, **11**, 55 (2019).

ԶՐԱԾՆԻ ՊԵՐՕՔՍԻԴԻ ԳՈԼՈՐՇԻՆԵՐ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՈՂ ՍԵՆՍՈՐԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՈՒԼՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆ
ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՄԲ

Մ.Ս. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ, Ա.Գ. ՍԱՅՈՒՆՏ, Հ.Ա. ԶԱԲԱՐՅԱՆ,
Վ.Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Վ.Մ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ, Գ.Է. ՇԱՀՆԱԶԱՐՅԱՆ

Շրջակա միջավայրում ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիներ հայտնաբերող՝ $\text{SnO}_2\text{:Co}$ լեգիրացված մետաղօքսիդի հիման վրա պատրաստված գազային սենսորի զգայունությունը հետազոտվել է վոլտամպերային, ունակահաճախային և ռեզիստիվ եղանակներով: Այս բնութագրերի չափումներն իրականացվել են սենյակային ջերմաստիճանում ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների ազդեցությամբ և առանց դրանց: Ցույց է տրվել, որ ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների ազդեցությունը սենսորի ակտիվ մակերևույթի վրա մեծացնում է սենսորի գազազգայունությունը: Ռեզիստիվ բնութագրերի ուսումնասիրությունները ցույց են տվել նաև, որ ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների ազդեցության դեպքում սենսորի դիմադրությունը ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիների ազդեցության վերացումից հետո գրեթե ամբողջությամբ վերականգնվում է նույնիսկ սենյակային ջերմաստիճանում:

STUDY OF THE HYDROGEN PEROXIDE VAPORS SENSOR
UNDER THE INFLUENCE OF UV RADIATION

M.S. ALEKSANYAN, A.G. SAYUNTS, H.A. ZAKARYAN,
V.M. AROUTIOUNIAN, V.M. ARAKELYAN, G.E. SHAHNAZARYAN

The sensitivity of a gas sensor made of doped $\text{SnO}_2\text{:Co}$ metal oxide for detection of hydrogen peroxide vapours in the environment has been studied using current-voltage, capacity-frequency and transient characteristics. The measurements of these characteristics were carried out at the room temperature under the influence of UV radiation and without it. It is shown that the influence of UV radiation on the active surface of the sensor improves the gas sensitivity of the sensor. Studies of the resistive characteristics of the sensor have also shown that even at the room temperature the effect of UV radiation leads to the almost complete recovery of the sensor resistance after the termination of the influence of hydrogen peroxide vapours.