

А.З. АДАМЯН

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ

Описывается программно-управляемая автоматизированная установка для измерения и контроля параметров полупроводниковых резистивных газовых сенсоров. Разработанное программное обеспечение измерительной системы позволяет регистрировать изменения сопротивления сенсоров в широком диапазоне (от 10 до 10^{12} Ом), происходящие как в результате быстротекущих ($\sim 0,1$ с), так и возможных длительных процессов, связанных с нестабильностью или деградацией параметров сенсоров при их длительной эксплуатации. С помощью предлагаемой установки можно получить достоверную информацию как обо всех параметрах исследуемых газовых сенсоров (чувствительность, времена отклика и восстановления, рабочая температура сенсора и др.), так и об изменениях параметров газовой среды в камере (давление газовой смеси и концентрация воздействующего на сенсор газа). Представлены измеренные с помощью данной установки характеристики металлооксидных сенсоров водорода.

Ключевые слова: газовый сенсор, плата сбора данных, автоматизированная измерительная установка.

Введение. С ужесточением экологических требований, связанных с катастрофическим ростом выбросов вредных и токсичных газов в атмосферу от транспорта, а также с необходимостью контроля производственных процессов и утечек горючих и взрывоопасных газов резко возросла потребность в газовых сенсорах.

Полупроводниковые газовые сенсоры позволяют осуществлять непрерывный автоматизированный мониторинг окружающей среды, а также контролировать условия различных процессов, например, состав газовых смесей, образующихся в ячейках топливных элементов [0]. Это намного повышает безопасность эксплуатации, а также делает возможным создание более экологичных и эффективных машин и устройств. Разнообразие сфер применения газовых сенсоров [0, 0] приводит к необходимости разработки сенсоров, способных длительное время работать при тех или иных условиях – применительно к данной задаче.

Целью данной работы является разработка автоматизированной измерительной установки для проведения измерений электрофизических характеристик полупроводниковых резистивных газовых сенсоров. Данные сенсоры представляют собой заключенную в металлостеклянный корпус керамическую подложку с нанесенным на нее газочувствительным слоем, нагреваемую до необходимой рабочей температуры. Наличие такой установки значительно облегчает поиск оптимального режима работы сенсора и обеспечивает получение наиболее достоверных данных об условиях проведения эксперимента [0]. При разработке управляющей программы установки

учитываются многие специфические особенности измерений с газовыми сенсорами, а также в режиме реального времени проводится математическая обработка получаемых данных, что в целом облегчает установление корреляции между происходящими во время эксперимента явлениями.

Блок-схема установки приведена на рис.1, а принципиальная схема соединений на рис.2. К камере через герметичные переходы подсоединены электромагнитный клапан K1 (КЭТ-24-1.6) с ограничивающим поток вентилем и электрический датчик давления MPX5010DP фирмы Motorola. Управление клапаном осуществляется через один из цифровых выходов платы сбора и обработки данных (DAQ) PCL-818HG. Посредством герметичного разъема обеспечивается подсоединение электрического питания к образцу и нагревателю, а также вывод электрических сигналов с исследуемого образца. Сигналы поступают на плату DAQ через выносную клеммную плату PCLD-8115.

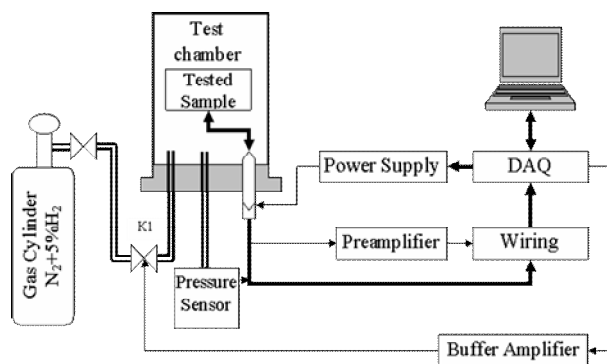


Рис. 1. Блок – схема измерительной установки

Программа управления дает возможность изменения состава, температуры и давления газовой среды, а также регулирования температуры поверхности исследуемых образцов. Канал измерения сопротивления исследуемых сенсоров подключается к DAQ через буферный предусилитель У5-9, что обеспечивает измерение сопротивления и его изменений во времени в широком диапазоне (от 10 до 10^{12} Ом) с достаточной точностью.

Интерфейс программы управления позволяет автоматически осуществлять ступенчатое изменение состава атмосферы в камере путем напуска в камеру измерений газа или газовой смеси, контролируя концентрацию газа посредством обратной связи через датчик давления.

Посредством двух прецизионных датчиков температуры LM335 регистрируются комнатная температура и температура окружающей среды вблизи сенсора. Датчики соединены к DAQ- плате по стандартной схеме и на рис. 1 и 2 не отображены. Данные об этих температурах также могут быть использованы, например, для определения ТКС тонкопленочного нагревателя или относительной влажности среды психрометрическим методом или методом установления точки росы.

Таким образом, разработанное нами программное обеспечение измерительной системы позволяет регистрировать изменения сопротивления сенсоров, происходящие в результате как быстротекущих (доли секунды), так и длинновременных процессов, связанных с возможной нестабильностью или деградацией параметров сенсоров при их длительной эксплуатации.

Следует также отметить, что сопротивление тонкопленочных сенсоров во время эксперимента может изменяться в широких пределах (до 5 порядков и более). Следовательно, динамического диапазона 12-битного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) уже недостаточно для точного измерения величины поступающего от сенсора сигнала. С учетом этого введена возможность автоматического изменения программируемого коэффициента усиления DAQ-платы, что обеспечивает непрерывное поступление точных данных.

Рабочая температура задается подачей питания на резистивный нагреватель сенсора через подключенный к DAQ источник питания Б5-49. Температура контролируется измерением сопротивления нагревателя с последующим пересчетом с учетом его температурного коэффициента.

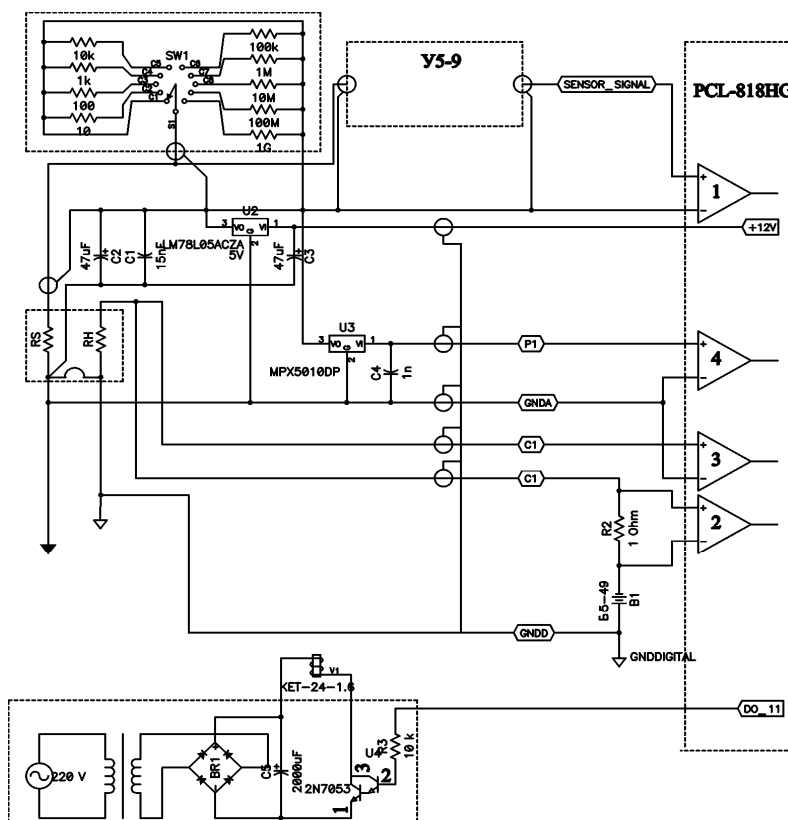


Рис. 2. Принципиальная монтажная схема соединений автоматизированной измерительной системы

Работа сенсора в восстановительной среде может сопровождаться дополнительным разогревом чувствительного элемента за счет каталитического окисления газа-восстановителя на его поверхности. В некоторых исследованиях этот эффект используется для селективного обнаружения различных газов при помощи одного сенсора [1]. Программное управление источником питания и процессом измерения позволяет исследовать как этот эффект, так и работу сенсора в различных режимах работы (например, при импульсном нагреве).

Каждое измерение представляется в виде массива из числовых результатов преобразований АЦП с заданным числом опросов по каналам. Данные по каждому каналу усредняются, и оценивается точность получаемых результатов по рассчитываемой среднеквадратической ошибке. При этом в режиме реального времени с заданным временным шагом на экране монитора отображаются любые из измеряемых параметров как в цифровом, так и в графическом виде, что делает процесс измерений наглядным и предоставляет информацию, необходимую для интерпретации проводимых измерений. Одновременно все получаемые данные записываются в файл Excel в виде таблицы. Окно программы во время проведения измерений показано на рис. 3.

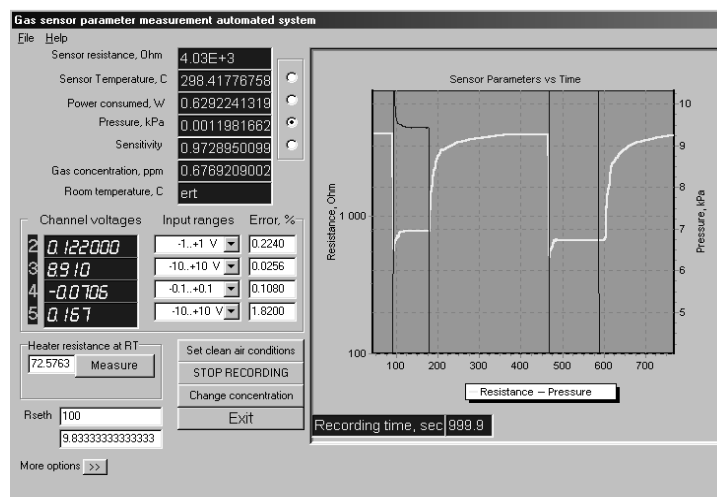


Рис. 3. Окно управляющей программы

С помощью созданной измерительной установки проведены тестовые измерения температурных характеристик разработанных нами металлооксидных сенсоров дыма [3]. Данные этих измерений подтвердили результаты, полученные нами ранее. В настоящее время проводятся тестовые измерения чувствительности, быстродействия и температурных характеристик сенсоров водорода на основе тонких пленок двуокиси олова, полученных по разработанной нами золь-гель технологии [5, 6]. В качестве примера представлены временные зависимости изменения сопротивления сенсора после введения (при $t = 4$ с) в измерительную камеру 0,5% водорода и при последующем его восстановлении в атмосфере чистого воздуха (рис. 4а). Время

реакции сенсора видно из графика на рис. 4б, где в увеличенном виде представлена область спада сопротивления, отмеченная фоном на рис. 4а.

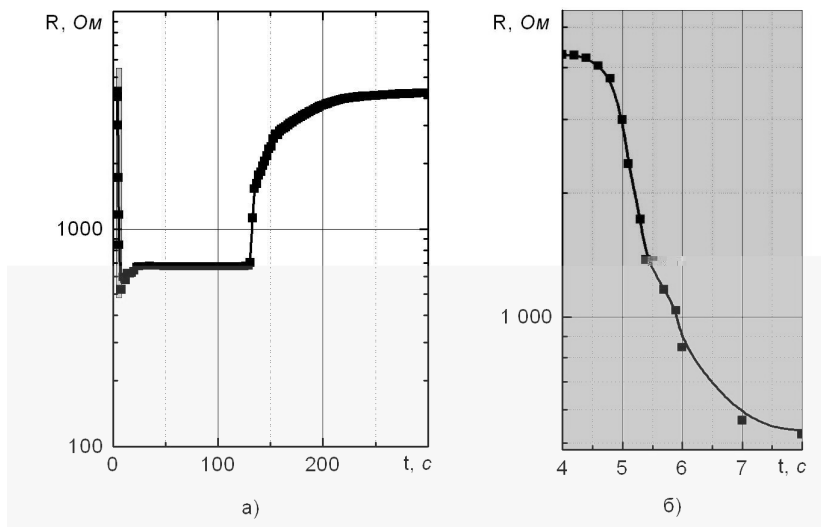


Рис. 4. Временные зависимости изменения сопротивления сенсоров водорода

Резюмируя полученные в данной работе результаты, можно сделать следующие выводы.

Создана необходимая новая измерительная база, на основе которой в режиме реального времени можно оперативно проводить исследования полученных образцов. Одновременно быстро и параллельно можно получить достоверную информацию как обо всех параметрах исследуемых объектов (чувствительность, времена отклика и восстановления, рабочая температура сенсора и др.), так и об изменениях параметров газовой среды в камере (давление газовой смеси ($\kappa\text{Па}$) и концентрация воздействующего на сенсор газа).

Все это позволяет в дальнейшем целенаправленно совершенствовать созданную технологию с целью улучшения физических и эксплуатационных параметров сенсоров, разрабатывать новые технологии создания чувствительных к разным газам полупроводниковых газовых сенсоров.

В заключение хотелось бы отметить отсутствие в литературе данных по созданию автоматизированной установки для измерения параметров газовых сенсоров, подобной нашей, возможно, из-за большой специфики проведения таких измерений в каждом конкретном случае.

Автор выражает благодарность В.М. Арутюняну и З.Н. Адамяну за руководство работой и полезные обсуждения результатов.

Работа выполнена в рамках республиканской целевой программы «Полупроводниковая наноэлектроника» (код-041030)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Heilig A., Barsan N., Weimar U., Gopel W. Selectivity enhancement of SnO_2 gas sensors: simultaneous monitoring of resistances and temperatures // S&A B. – 1999. – V. 58. – P. 302-309.
- Kohl D. Function and applications of gas sensors // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2001. – V. 34. – P. R125-R149.
- Adamyan A.Z., Adamian Z.N., Aroutiounian V.M. Smoke sensor with overcoming of humidity cross sensitivity // S&A B. – 2003. – V. 7032. – P. 1-6.
- Shukla S. et al Synthesis and characterization of sol-gel derived nanocrystalline tin oxide thin film as hydrogen sensor // S&A B. – 2003. – V. 96. – P. 343-353.
- Адамян А.З. Изготовление пленок из золи с наноразмерными частичками SnO_2 для создания газовых сенсоров // Мат. IV Нац. конференции, Цахкадзор. – 2003. – С. 180-183.
- Adamyan A.Z., Adamian Z.N., Aroutiounian V.M. Preparation of SnO_2 films with thermally stable nanoparticles // Sensors. – 2003. – V. 3. – P. 438-442.

ЕГУ. Материал поступил в редакцию 20.06.2005.

Ա. Զ. ԱԴԱՄՅԱՆ ԳԱԶԱՅԻՆ ՄԵՆՍՈՐՆԵՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՂԵԿԱՎԱՐՄԱՍԲ ԶԱՓՄԱՆ ՍԱՐՔ

Ներկայացվում է կիսահաղորդչային դիմադրական գազային սենսորների բնութագրերի չափման և վերահսկման համար ծրագրային ղեկավարմամբ ավտոմատացված սարք: Զափող համակարգի համար մշակված ծրագրային ապահովումը հնարավորություն է տալիս գրանցել սենսորների դիմադրության փոփոխությունները լայն տիրույթում՝ 10-ից մինչև 10^{12} Օհմ, ինչը տեղի է ունենում ինչպես արագ (~ 0.1 ժ), այնպես էլ հնարավոր դանդաղ ընթացող պրոցեսների արդյունքում, կապված սենսորների բնութագրերի անկայունության կամ դեգրադացիայի հետ, նրանց երկարատև օգտագործման ժամանակ: Ներկայացվող սարքի օգնությամբ կարելի է հավաստի տեղեկություն ստանալ հետազոտվող սենսորների բոլոր բնութագրերի (զգայնություն, արձագանքի և վերականգնման ժամանակներ, սենսորի աշխատանքային ջերմաստիճան և այլն), ինչպես նաև խցիկի ներսում գազային միջավայրի պարամետրերի (գազային խառնուրդի ճնշում և սենսորի վրա ազդող գազի կոնցենտրացիա) փոփոխության մասին: Ներկայացվում են տվյալ սարքի օգնությամբ չափված մետաղ-օքսիդային ջրածնի սենսորների բնութագրերը:

Առանցքային բառեր. գազային տվիչ, տվյալների ստացման տպասալիկ, ավտոմատացված չափիչ սարքավորում:

A. Z. ADAMYAN SOFTWARE-CONTROLLED SETUP FOR GAS SENSOR PARAMETER MEASUREMENTS

The software-controlled automated setup for semiconductor resistive type of gas sensor parameter control and measurements is presented. The developed software of the measurement system allows to display the sensor resistance changes in the wide range (from 10 to 10^{12} Ohm), taking place as a result of fast-acting (~ 0.1 s) processes as well as possible long-term effects appeared with degradation or instability of sensor parameters during its usage. By means of the suggested setup it is possible to get the reliable information both about all parameters of the investigated sensors (sensitivity, response and recovery time sensor's operation temperature, etc.), and on gas mixture parameter changes into chamber (gas mixture pressure and concentration of the gas affecting the sensor). Measured by means of the presented setup metal-oxide hydrogen sensor parameters are shown.

Keywords: gas sensor, DAS card, automated measuring setup.