

ными с компьютером (*BaudRate*), число блоков реализации одного измерения N_{blocks} (один блок данных содержит 32 двухбайтных отсчета входного сигнала). С помощью функции 03 можно получить информацию об этих параметрах. При включении контроллера устанавливаются $f_{\text{discr}} = 6400$ Гц и $BaudRate = 19200$ бит/с.

Функция 05 позволяет включить или выключить диоды Ганна, ток на детекторе, установить активное или пассивное состояние УН1.

Функция 14 позволяет передать на СОМ-порт компьютера блок данных измерений, хранящихся в буферном ОЗУ контроллера.

Примерный порядок работы СВЧ-тракта, специализированного контроллера и компьютера следующий:

С помощью функций 03 или 06 согласуются параметры компьютера и контроллера. С помощью функции 05 включаются диоды Ганна и ток на детекторном диоде.

Для проведения одного измерения необходимо либо с помощью функции функцией 05, либо, подав импульс на ИВ, установить активное состояние УН1 контроллера. Во время измерения данные УН1 оцифровываются АЦП и записываются в буфер ОЗУ контроллера. Для $N_{\text{blocks}} = 64$ и $f_{\text{discr}} = 6400$ Гц время измерения $T_{\text{mea}} = 32 \cdot N_{\text{blocks}} / f_{\text{discr}}$ равно $T_{\text{mea}} = 0.32$ с, что существенно превышает время пролета образца через резона-

тор ($\approx 10 \div 20$ мкс [1]) и в то же время обеспечивает достаточное число отсчетов измерения ($N_{\text{blocks}} \cdot 32 = 2048$) для дальнейшего анализа. После измерения необходимо с помощью функции 14 передать данные из буферного ОЗУ контроллера на СОМ-порт компьютера.

Измеренные временные профили коэффициента отражения мощности СВЧ-излучения резонатором, получаемые при пролете через резонатор образцов, представлены в работе [1].

Работа выполнена при частичной поддержке подпрограммы «Кристаллические и молекулярные структуры» РБ.

1. Поклонский, Н.А. Экспресс-методика бесконтактного измерения электрических параметров небольших образцов на сверхвысоких частотах / Н.А. Поклонский и др. // Приборы и Методы Измерений. - 2013. - С.64-71.
2. Seidel, H. Frequency shifts in cavities with longitudinally magnetized small ferrite discs / H. Seidel, H. Boyet // The Bell System Technical Journal. - 1958. - Vol. 37, No. 3. - P. 637-655.
3. Милованов, О.С. Техника сверхвысоких частот / О.С. Милованов, Н.П. Собенин - М.: Атомиздат, 1980. - 464 с.
4. Modicon Modbus Protocol Reference Guide. - MODICON, Inc., Industrial Automation Systems, 1996. - 115 p.

УДК 51-73

РАЗРАБОТКА 4-Х СЕНСОРНОЙ ГАЗОВОЙ МИКРОСИСТЕМЫ НА ПОДЛОЖКАХ ИЗ ПОРИСТОГО АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Реутская О.Г.¹, Белогуров Е.А.², Таратын И.А.¹, Хатько В.В.²

¹ОАО Минский НИИ радиоматериалов, Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Одним из перспективных решений, применяемых для повышения селективности газовых сенсорных систем, является создание матриц из сенсоров (мультисенсорные системы), имеющих различные физические свойства и (или) параметры чувствительного слоя. Изготовление модуля химических сенсоров на одном кремниевом кристалле (Lab-on-a-chip) является одним из перспективных направлений в развитии газовой сенсорики.

К настоящему моменту в мире существует несколько технологий создания мультисенсорных систем. Первая из них разработана в исследовательском центре университета г. Карлсруе (University of Karlsruhe) и использует матрицу из 39 сенсоров, сформированных путем нанесения системы полосковых микроэлектродов на поверхность чувствительной полупроводниковой пленки и ее

пространственно-неоднородный нагрев с помощью микронагревателей. Различная температурная зависимость отклика полупроводниковой пленки для каждого газа позволяет по набору сопротивлений элементов матрицы провести анализ состава атмосферы окружающей мультисенсорную систему. Недостатком данной технологии является высокое энергопотребление данной сенсорной системы. Вторая технология создана в Национальном центре микроэлектроники (CNM) в г. Барселона. С помощью этой технологии на диэлектрической мембране, созданной путем объемного травления кремниевой подложки, размещаются четыре химических сенсора, имеющих попарно различную систему встречно-штыревых электродов. Недостатками данной мультисенсорной системы являются нестабильность параметров поликремнивого

нагревателя, расположенного на мембране и низкий уровень рабочих температур сенсоров.

Ожидается, что мультисенсорная микросистема, выполненная с использованием диэлектрической подложки на основе нанопористого анодного оксида алюминия, устранит все отмеченные недостатки прототипов и повысит чувствительность и селективность микросистемы к детектируемым газам.

На рис. 1 представлены две топологии разработанной системы.

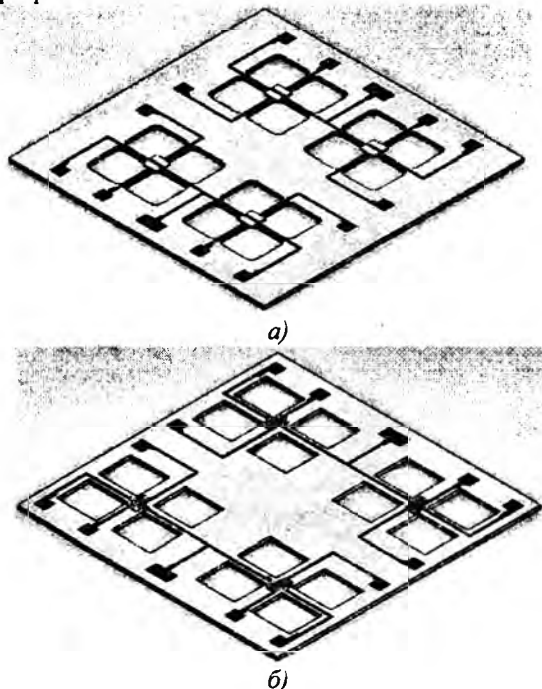


Рисунок 1 – Топология 4-х сенсорной газовой микросистемы с нагревателем в виде полоски (а) и меандра (б). Толщина платинового нагревателя - 0,5 мкм.

Кристалл микросистемы, изготовленный на подложке нанопористого анодного оксида алюминия (пористость ~ 15 %), имеет размер - 3,7×3,7 мм и толщину - 50 мкм. Другой отличительной особенностью двух топологий, кроме вида нагревателя, является размер площадки под системой из нагревателя и электродов. Для системы с нагревателем в виде полоски и меандра он составляет 45×45 мкм и 400×400 мкм, соответственно.

Предварительно на планарной стороне диэлектрической подложки формировалась система из контактных площадок, нагревателя и электродов к чувствительному слою. Для этого на поверхность подложки методом магнетронного распыления осаждалась пленка платины толщиной 0,5 мкм, в которой после проведения ряда фотолитографических операций и формировалась показанная на рис. 1 платиновая разводка.

При создании сквозных отверстий в диэлектрической подложке использовалась, разра-

ботанная в ОАО Минский НИИ радиоматериалов инновационная технология микромеханической обработки (micro-machining) нанопористого анодного оксида алюминия. Основным ее этапом являлось жидкостное трехэтапное травление Al_2O_3 через маску V – Al.

В результате проведения всей технологических операций поперечное сечение микросистемы выглядело следующим образом (рис. 2).

Изготовленные кристаллы микросистемы были разварены в 16-ти выводной металлический корпус, для проведения в дальнейшем электрофизических измерений (Рис. 3).

Для уменьшения количества будущих измерений нами проведено конечноэлементной моделирование температурных полей и термомеханических напряжений, возникающих в кристалле микросистемы при различных режимах ее работы.



Рисунок 2 – Схематическое изображение поперечного сечения 4-х сенсорной газовой микросистемы с нагревателем полоскового типа. 1 – Pt контактные площадки, 2 - Pt нагреватель, 3 – Pt электроды к чувствительному слою, 4 – сквозные отверстия в подложке

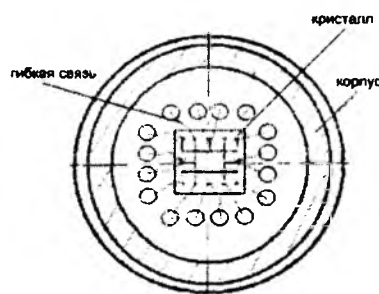


Рисунок 3 – Кристалл 4-х сенсорной газовой микросистемы разваренный в корпус

На рисунке 4 показана зависимость изменения температуры чувствительного слоя газовых сенсоров микросистемы с полосковым нагревателем от приложенного напряжения.

В качестве чувствительного слоя были выбраны слои ИТО толщиной 25 мкм. Результаты моделирования показаны для подложки с пористостью 50 %, поскольку потребляемая мощность микросистемы в диапазоне пористости подложки 0-50 % изменяется незначительно (рис. 5).

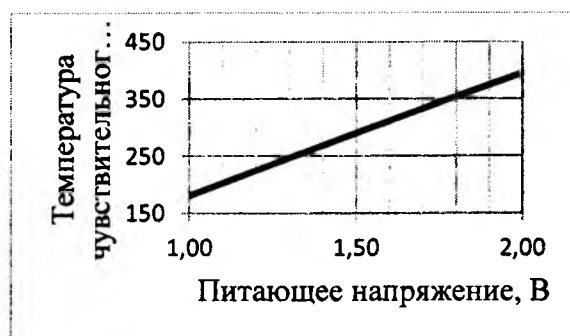


Рисунок 4 – Зависимость температуры чувствительного слоя от приложенного напряжения.



Рисунок 5 – Зависимость потребляемой мощности микросистемы от пористости подложки

Моделирование показало, что уровень термомеханических деформаций возникающих в кристалле микросистемы являются допустимым (рис. 6).

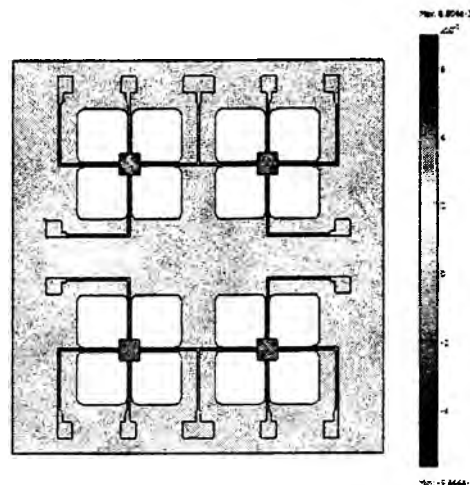


Рисунок 6 – Результаты моделирования термомеханических напряжений при напряжении питания микросистемы 2 В

УДК 53.082.5:621.373.826

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА ОТ ОБРАЗУЮЩЕЙ

Рыжевич А.А., Солоневич С.В., Смирнов А.Г., Лепарский В.Е.

Институт физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Профили поверхностей деталей, как правило, имеют неровности сложного характера, оказывающие существенное влияние на эксплуатационные показатели. Для определения наличия тех или иных видов неровностей [1] на поверхностях объектов разрабатываются специальные устройства, называемые профилометрами. Отдельной группой стоят бесконтактные профилометры, в т.ч. оптические, которые используют в качестве рабочего инструмента световое излучение. Большинство из них, как и в [2-3], предназначено только для контроля объектов с хорошо отражающей цилиндрической поверхностью сравнительно высокого качества и не позволяет определить отклонения от формы шероховатых объектов. Кроме того, они требуют наличия свободного пространства вокруг исследуемой поверхности объекта, что выполнить в условиях реального производства не всегда возможно. Измерение больших по размерам объектов с помощью устройств, подобных описанным в [2-3], также весьма затруднительно, поскольку при

создании оптической схемы необходимо использовать оптические элементы с размерами, превышающими диаметр исследуемого объекта.

Нами предложено устройство, назначением которого является неразрушающее бесконтактное измерение всех видов неровностей на объектах, закрепленных с возможностью контролируемого перемещения относительно источника излучения и регистрирующей системы, в том числе не дающих зеркального отражения, шероховатых, крупногабаритных, с поверхностями, имеющими в качестве образующей прямую, т.е. цилиндрическими, коническими и плоскими. Схема предложенного нами устройства для определения отклонения поверхности от образующей приведена на рис. 1. Устройство состоит из источника лазерного излучения 1, коллиматора 2, положительной цилиндрической линзы 3, микроскопа 4, CCD-камеры 5, аттенюатора 6, закрепленных на платформе 7, компьютера 8, сопряженного с CCD-камерой 5, с программами для записи и анализа зарегистриро-