

УДК 621.377.6

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ МЕМРИСТОРОВ**¹Кравченко Е.И., ¹Петров В.В., ²Рыжук Р.В.**¹ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: oley_alenka@mail.ru;²ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, e-mail: oley_alenka@mail.ru

Разработано устройство для исследования эксплуатационных характеристик и электрофизических свойств полупроводниковых материалов и процессов, протекающих в полупроводниках. Данное устройство позволит проводить отбор наилучшего материала для создания мемристоров. В работе приведена структурная схема разработанного устройства, включающего в себя набор компонентов, реализуемых на основе синтезированных электронных устройств, стандартизированном метрологическом оборудовании и высокопроизводительной вычислительной технике. Данное устройство позволяет исследовать одновременно от 1 до 16 полупроводниковых элементов. С помощью устройства можно оценить устойчивость мемристоров к воздействию температуры, влажности, особенностей состава атмосферного воздуха. Особенностью устройства является наличие прижимных контактов, что избавляет от необходимости пайки контактов. Данная особенность очень важна на этапе создания опытных образцов микропроцессорной техники. Для разработки отдельных элементов устройства проведено предварительное их моделирование с помощью специального программного обеспечения. По результатам моделирования выбраны оптимальные размеры функциональных частей устройства и создан опытный образец разработанного устройства.

Ключевые слова: полупроводник, мемристор, микропроцессорная техника.

DEVICE FOR RESEARCH OF OPERATING AND ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS FOR CREATING OF MEMRISTORS**¹Kravchenko E.I., ¹Petrov V.V., ²Ryzhuk R.V.**¹Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: oley_alenka@mail.ru;²National Research Nuclear University «Moscow Engineering Physics Institute», Moscow, e-mail: oley_alenka@mail.ru

The device for research of operating characteristics, electro-physical properties and processes occurring in semiconductors has been developed. This device allows selecting the best material for memristors creating. There is a block diagram of the developed device in this paper. The device consists of the set of components that are realized on the basis of synthesized electronic devices, standard metrological equipment and high-performance computing. It is possible to explore up to 16 semiconductor elements at the same time in this device. The resistance of memristors to temperature, humidity and air content can be evaluated by this device. One of the special features of the device is using of spring contacts, so there is no need to solder contacts. This feature is very important on the stage of prototypes making. Some of the functional parts of this device have been modeled by means of special software. The modeling allowed choosing the optimal size of functional units of the device and the best material for their creating.

Keywords: semiconductor, memristor, microprocessor technology

Микропроцессоры сейчас быстро приближаются к технологическим пределам своей производительности. Поэтому актуальной задачей в настоящее время является создание новых процессорных элементов, в частности ячеек памяти нового поколения. Примером таких устройств могут служить мемристоры [1].

Существование мемристора было теоретически предсказано американским исследователем Леоном Чуа в 1971 г. [4]. Первый лабораторный образец мемристора был создан в 2008 году коллективом ученых во главе с Р.С. Уильямсом в исследовательской лаборатории фирмы Hewlett-Packard. Работа устройства обеспечивается за счет химических превращений в тонкой (5 нм) двухслойной пленке диоксида титана. В настоящее время известны также мемристоры, созданные с использованием других материалов, таких, как вольфрам и серебро. Основной задачей ученых, ра-

ботающих над созданием мемристоров, является создание функционирующего мемристорного устройства из материалов, уже применяемых при производстве современных кремниевых чипов. По аналогии с первым созданным на практике устройством на основе тонкой пленки диоксида титана можно предположить, что создание таких устройств возможно также на основе других полупроводниковых пленок. При этом созданные устройства должны не только обладать указанным выше свойством мемристивности, но также быть устойчивыми к внешним воздействиям, возникающим при работе микропроцессорной техники, в частности к температуре, влажности и т.п. Известно, что процессорная техника в процессе работы может нагреваться на десятки градусов, это свойство очень важно учитывать при разработке и создании новых материалов микропроцессорной техники.

Целью данной работы является создание устройства для исследования эксплуатационных характеристик полупроводниковых пленок для создания мемристоров.

Материал и методы исследования

Для создания устройства использованы методы компьютерного моделирования, программные пакеты Solid Works, Mat Lab. Электрические схемы созданы на основе документации и стандартных схем сопряжения элементов, входящих в состав устройства [2, 3, 5]. Основными функциональными частями устройства являются блок управления измерениями, система нагрева и испытательная камера. Для реализации системы управления устройством использованы микроконтроллеры AVR серии AT mega, выполняющие функции управления переключением коммутатора, клапанов и подачи синхронизирующего сигнала измерительному устройству. Конструкция системы нагрева разработана по результатам теплофизического моделирования в программе Solid Works, с последующей проверкой расчетов экспериментальным путем с помощью лазерного инфракрасного термометра IR

DT-480. В качестве нагревателей используются керамические нагреватели типа НАККО А1321. В качестве контактов для исследования электрофизических характеристик полупроводниковых материалов использованы прижимные позолоченные контакты типа Connection SC Solder Cup 50R-VSC/50R-S22-VSC (фирма Wosang, KHP). Для обработки и визуализации данных, полученных в результате измерений, создана специальная программа, которая является надстройкой к MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного обзора литературы и исследования основных факторов, воздействующих на работу микропроцессорной техники, разработана структурная схема устройства для исследования эксплуатационных характеристик полупроводниковых пленок для создания мемристоров. Структурная схема разработанного устройства показана на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема устройства для исследования полупроводниковых материалов для создания мемристоров

Основными структурными элементами разработанного устройства являются: блок питания, формирующий ряд напряжений для работы исполнительных механизмов и электронных устройств, испытательная камера, в которую помещаются исследуемые образцы (возможно одновременное исследование от 1 до 16 элементов); система нагрева исследуемых образцов; система пробоотбора для исследования влияния состава окружающей среды на характеристики мемристоров; коммутатор, реализованный на основе аналоговых ключей,

обеспечивающих поочередное соединение исследуемых образцов с блоком усиления и измерения сигналов; измеритель, выполняющий нормализацию сигналов, поступающих с коммутатора, и преобразование их в цифровой код, удобный для хранения и дальнейшей обработки; вычислительный блок, включающий в себя базу данных, программу управления измерениями и программу визуализации результатов; блок управления, реализованный на отдельном микроконтроллере для реализации управляющих команд вычислитель-

ного блока и интерфейса связи с другими устройствами.

Ввиду того, что одним из основных факторов, воздействующих на элементы микросистемной техники, является температура, в разработанном устройстве в испытательной камере предусмотрена система подогрева исследуемых образцов двумя нагревателями. Нагревательные элементы не входят в состав массива сенсоров и представляют собой отдельную целостную систему нагрева, управляемую с помощью микроконтроллера. Система подогрева представляет собой платформу, на которой опытные образцы мемристоров фиксируются прижимными позолоченными контактами. Размеры платформы соответствуют

размерам стандартных кремниевых подложек, используемых для создания приборов микросистемной техники – 48×60 мм. Для того чтобы оценить оптимальное расположение нагревателей внутри металлической платформы, а также выбрать материал платформы, произведены термодинамические расчеты нагрева платформы в стационарных термодинамических условиях. С помощью программного обеспечения Solid Works построены модели нагревательных платформ с различными вариантами расположения керамических нагревателей. На рис. 2 показаны результаты моделирования нагрева металлической платформы для различных вариантов расположения керамических нагревателей.

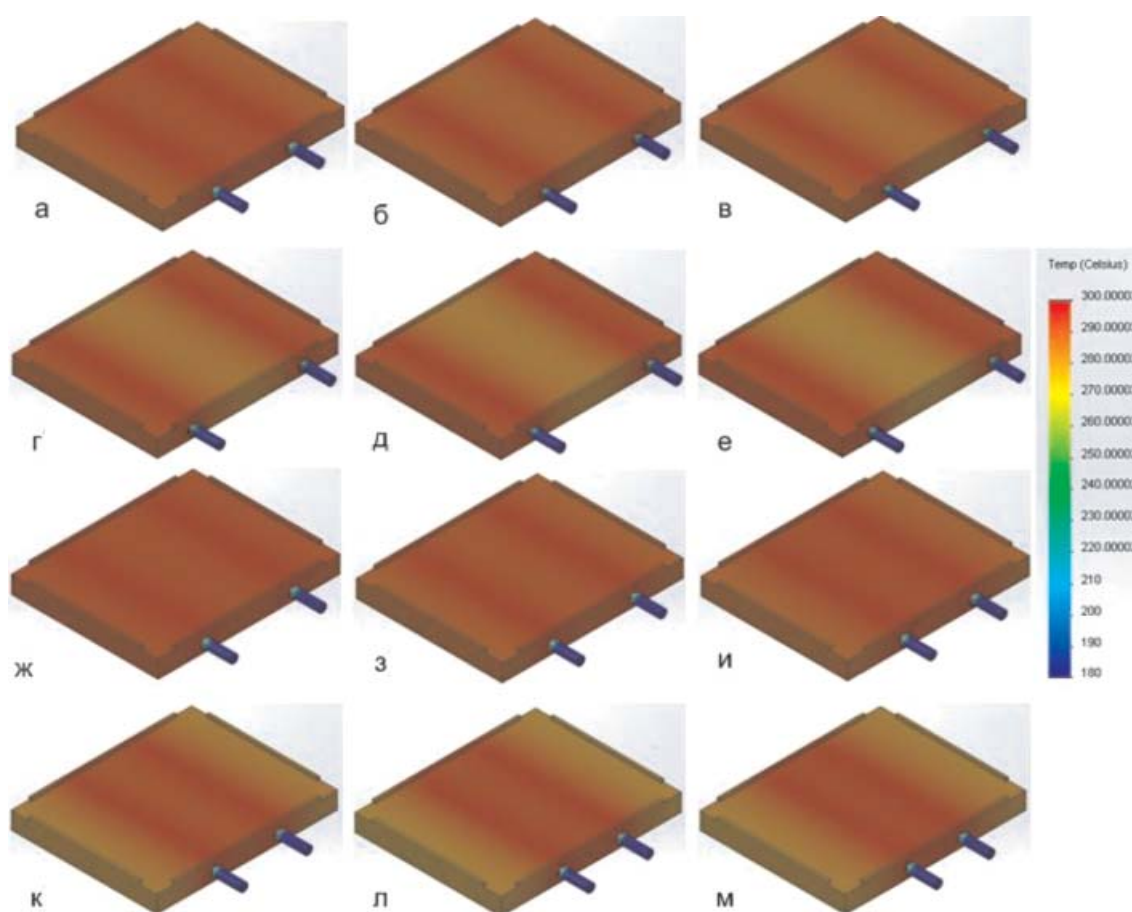


Рис. 2. Результаты моделирования нагревательной платформы устройства для исследования полупроводниковых тонких пленок

Расчеты произведены для расстояний нагревателей от внешнего края платформы начиная с 10 мм (рис. 2а) с шагом в 1 мм, т.е. рис. 2б – расстояние от внешнего края платформы 11 мм, рис. 2в – 12 мм, рис. 2г – 13 мм, рис. 2д – 14 мм, рис. 2е – 15 мм, рис. 2ж – 16 мм, рис. 2з – 17 мм, рис. 2и – 18 мм, рис. 2к – 19 мм, рис. 2л –

20 мм, рис. 2 м – 21 мм. По результатам моделирования выяснилось, что равномерное распределение температуры достигается при расположении нагревателей на расстоянии 16 мм (рис. 2ж) от внешних границ платформы. При этом материал, который обеспечит наиболее равномерный нагрев платформы, – медь.

Выводы

1. Разработана структурная схема устройства для исследования эксплуатационных характеристик полупроводниковых пленок для создания мемристоров.

2. Проведено моделирование нагревательной платформы для исследования полупроводниковых материалов на воздействие температуры. По результатам моделирования определены оптимальные геометрические размеры и материал платформы.

3. Создан лабораторный образец устройства для исследования полупроводниковых пленочных материалов для создания мемристоров. Данное устройство позволит определить устойчивость различных материалов к внешним воздействиям, которые могут возникнуть при эксплуатации, что позволит выбрать оптимальные материалы для создания стабильно функционирующих мемристоров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. соглашение № 14.A18.21.0107) в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Елисеев Н. Мемристоры и процессоры // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2010. – № 8. – С. 85–89.
 2. Попов В.С. Электротехнические измерения и приборы. – М., 1963. – С. 544.

3. Agilent 34401A Multimeter, Datasheet. URL:<http://literature.agilent.com> (дата обращения 12.02.2010).

4. Chua L.O. Memristor -the missing circuit element// IEEE Trans. Circuit Theory. – 1971. – Vol. 18. – P. 507–519.

5. High Performance, 4-/8-Channel, Fault-Protected Analog Multiplexers, Datasheet. – URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADG438F_439F.pdf (дата обращения: 05.02.2010).

References

1. Eliseev N. Memristory i protsessory – Elektronika: nauka, tekhnologiya, bizness, 2010, no. 8, pp. 85–89.

2. Popov V.S. Elektrotekhnicheskie izmereniya i pribory. Moscow, Moscow Publ., 1963. 544 p.

3. Agilent 34401A Multimeter, Datasheet. URL:<http://literature.agilent.com> (accessed 12 February 2010).

4. Chua L.O. Memristor -the missing circuit element – IEEE Trans. Circuit Theory, 1971, Vol.18, pp. 507–519.

5. High Performance, 4-/8-Channel, Fault-Protected Analog Multiplexers, Datasheet. URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADG438F_439F.pdf (accessed 5 February 2010).

Рецензенты:

Жорник А.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической, общей физики и технологии физико-математического факультета, ФГБОУ ВПО «Таганрогский государственный педагогический институт имени А.П. Чехова», г. Таганрог;

Рынди́н Е.А., д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону.

Работа поступила в редакцию 16.10.2012.