

# НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ-ИЗМЕРИТЕЛИ СЕРИИ 2600 КОМПАНИИ KEITHLEY

С.Скворцов, к.т.н. skvortsov@rodnik.ru

Компания Keithley Instruments (США) более 60 лет является ведущим разработчиком и производителем аппаратуры для точных измерений, применяемой при производстве и тестировании полупроводниковых, оптоэлектронных, радиочастотных компонентов и интегральных схем. Компания выпускает около пятисот наименований изделий, в том числе пикоамперметры, электрометры, нановольтметры, прецизионные источники напряжения и тока, системы коммутации аналоговых, оптических и СВЧ-сигналов. Высокая точность и надежность аппаратуры Keithley позволяют использовать ее для контроля высокотехнологичной продукции на всех этапах производства, а также в научных исследованиях и разработках.

**И**сточники-измерители – это комбинированные приборы\*, которые объединяют в одном корпусе программируемые источники и измерители тока и напряжения. Они отлично подходят для измерения сопротивления с контролем мощности в нагрузке, для автоматического тестирования компонентов, построения вольт-амперных характеристик (ВАХ) полупроводниковых приборов и многих других видов измерений.

Область применения источников-измерителей – функциональное тестирование, связанное

с измерением токов и напряжений для широкого спектра устройств, в том числе: активных и пассивных компонентов; интегральных комбинированных устройств; оптоэлектронных приборов (фотодиодов, светодиодов, лазерных диодов). Источники-измерители незаменимы при испытаниях на надежность на уровне кристалла, например, для оценки температурной нестабильности обратного смещения, зависящего от времени пробоя диэлектрика, при исследовании инъекции горячих носителей и электромиграции.

## ИСТОЧНИКИ-ИЗМЕРИТЕЛИ KEITHLEY СЕРИИ 2600

Это новейшее поколение источников-измерителей. Один канал такого прибора выполняет

\* В Госреестре СИ – калибраторы-измерители напряжения и силы тока.

функции прецизионного высокостабильного источника тока и напряжения и малощумящего мультиметра. Встроенный TSP-процессор (Test Script Processor) существенно увеличивает быстродействие и позволяет управлять работой сложных измерительных комплексов как в автономном режиме, так и удаленно через Ethernet.

**Источники-измерители серии 2600В** имеют, в зависимости от модели, один или два изолированных канала, способных работать в непрерывном, импульсном режиме и в режиме генерации сигналов произвольной формы. Возможность задания произвольного направления тока и напряжения позволяет использовать их также в качестве программируемой электронной нагрузки.

Два независимых и синхронизированных АЦП в каждом канале (для тока и напряжения) обеспечивают высокую скорость считывания и разрешение (до 24 разрядов). Цифровые интерфейсы ввода-вывода (TSP-Link, Ethernet (LXI, класс C), GPIB, RS-232, GPIO) облегчают создание многоканальных измерительных систем с возможностью их дальнейшего расширения. Программное обеспечение Test Script Builder и дополнительно приобретаемый пакет ACS Basic Edition содержат как стандартные сценарии тестирования, так и удобные средства для реализации собственных методов измерения. Для удобства сохранения данных и загрузки программ можно использовать интерфейс USB, а для программирования и управления – встроенный веб-интерфейс, доступный с любого браузера.

Источники-измерители серии 2600В могут применяться как в настольном исполнении, так и в качестве модулей при построении многоканальных систем. Реализованная в изделиях серии 2600В архитектура на основе встроенного TSP-процессора с возможностями проведения параллельного тестирования и точной синхронизации обеспечивают высокую производительность и низкую стоимость процесса измерений. Благодаря электрической изолированности каналов в ряде случаев их можно подключить последовательно или параллельно для расширения диапазонов тока и напряжения.

Линейка 2600A включает одноканальный силовоточный источник-измеритель 2651A и высоковольтный источник-измеритель 2657A. Линейка 2600B включает в себя три одноканальных – 2601B, 2611B, 2635B – и шесть двухканальных моделей – 2602B, 2604B, 2612B, 2614B, 2634B, 2636B.

Двухканальные источники-измерители Keithley 2604B, 2614B, 2634B являются более

дешевыми аналогами приборов 2602B, 2612B, 2636B. Снижение цены достигнуто за счет сокращения функциональных возможностей: в них отсутствует интерфейс TSP-Link, удобный для построения многоканальных измерительных систем, цифровые линии ввода-вывода для управления внешними исполнительными устройствами и функция проверки качества контактов, эффективная при тестировании компонентов в условиях производства. Технология TSP-Link позволяет не только объединять в один измерительный комплекс различные приборы серии 2600 (до 32 каналов с точностью синхронизации 500 нс), но также включать их в систему измерения параметров полупроводников Keithley 4200-SCS. Следует отметить, что наилучшее разрешение 2634B ограничено 1 фА (отсутствует диапазон измерения 100 пА), в то время как у 2636B это значение составляет 0,1 фА.

Технические характеристики источников-измерителей серии 2600 приведены в таблице.

Самыми новыми моделями источников-измерителей Keithley являются модели 2651A и 2657A.

**Источник-измеритель Keithley 2651A** специально разработан для тестирования и регистрации вольт-амперных характеристик мощных силовоточных устройств: изделий силовой электроники, HBLEED-устройств, материалов и устройств на основе GaN и SiC.

**Источник-измеритель Keithley 2657A** специально разработан для тестирования и регистрации вольт-амперных характеристик высоковольтных устройств, например, MOFSET- и IGBT-транзисторов и других устройств силовой электроники.

Keithley 2657A позволяет считывать значения токов и напряжений двумя независимыми синхронизированными АЦП, работающими в двух режимах: дигитайзера и усреднения. В режиме дигитайзера эффективная разрядность 18 бит при частоте дискретизации 1 МГц позволяет с высоким разрешением регистрировать переходные процессы, а в режиме усреднения эффективная разрядность достигает 22 бит.

В августе 2013 года мощный высоковольтный источник-измеритель Keithley 2657A попал в топ-100 американского журнала Research & Development magazine. Престижная награда R&D 100 присуждается редакторами издания наиболее значительным инновационным изделиям в мире, которые применяются для исследований и разработок. Продукция компании Keithley Instruments – ведущего производителя

Технические характеристики источников-измерителей Keithley 2600

Модель	2601B/ 2602B	2604B	2611B/ 2612B	2614B	2634B	2635B/ 2636B	2651A	2657A
Число каналов	1/2	2	1/2	2	2	1/2	1	1
Выходная мощность на канал, Вт	40,4	40,4	30,3	30,3	30,3	30,3	200; 2000*	180
Диапазон тока, А	±3 ±10°	±3 ±10°	±1,5 ±10°	±1,5 ±10°	±1,5 ±10°	±1,5 ±10°	±20 ±50°	±0,12
Разрешение по току, фА	100	100	100	100	0,1	0,1	1000	1
Основная погрешность по току, %	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Диапазон напряжения, В	±40	±40	±200	±200	±200	±200	±40	±3000
Разрешение по напряжению, мкВ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	100
Основная погрешность по напряжению, %	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,02	0,025
Генерирование НЧ-сигналов тока и напряжения произвольной формы	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Импульсные измерения	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Автоматический контроль качества контактов	Да	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Да	Да
Интерфейсы	Ethernet (LXI/C), GPIB, RS-232, USB(host), GPIO**, TSP-link**							

\* Импульсный режим

\*\* Модели 2604B, 2614B, 2634B не имеют интерфейсов TSP-link, GPIO

измерительной аппаратуры – попала в этот авторитетный список уже в двадцать третий раз.

### ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ACS

Программный пакет ACS для автоматизированного измерения параметров объединяет несколько приборов в единую измерительную систему, оптимизированную по гибкости, скорости и производительности тестирования и анализа. Его интуитивный графический интерфейс упрощает настройку измерительных приборов, выбор параметров измерения, выполнение измерений ВАХ и отображение результатов.

В июне 2013 года компания Keithley Instruments объявила о расширении пакета программ ACS, который дополняет семейство решений для силовых полупроводниковых приборов. Обновленная версия ACS V5.0, предназначенная для источников-измерителей Keithley 2651A и модели 2657A, позволяет выполнять автоматизированное тестирование различных силовых полупроводниковых приборов: МОП-транзисторов, биполярных

транзисторов с изолированным затвором, мощных диодов и др.

Версия ACS V5.0 включает:

- библиотеку силовых устройств для применения с источниками-измерителями модели 2651A (до 50 А или до 100 А при подключении двух приборов) и модели 2657A (до 3000 В), содержащую программы для тестирования многовыводных силовых компонентов. При этом в измерительную систему могут быть включены другие приборы серии 2600В и анализатор параметров полупроводниковых приборов 4200-SCS;
- поддержку аппаратного сканирования, распознавания и управления конфигурацией мощных источников-измерителей 2651A и 2657A, что позволяет быстро подключать эти приборы к компьютеру, устанавливать соединение и приступать к тестированию;
- поддержку многоканальных синхронизированных измерений;
- примеры готовых программ тестирования;
- поддержку измерения вольт-фарадных характеристик.

## Новое поколение источников-измерителей Keithley



Нахимовский просп. 1, корп. 1, Москва, Россия, 117556. Тел.: 8 499 613-7001, 8 499 613-2688. Факс: 8 499 317-9754. E-mail: info@rodnik.ru. www.rodnik.ru

ЗАО "НПП "Родник" объявляет о начале поставок новой модели источников-измерителей Keithley 2450, идеального средства измерения вольт-амперных характеристик и функционального тестирования широкого круга современных электронных устройств, в том числе изделий микро- и нанoeлектроники.

Модель 2450 объединяет в одном компактном корпусе функции прецизионных программируемых источников напряжения и тока, высокоточного  $\frac{1}{2}$ -разрядного цифрового мультиметра, микроомметра, программируемой электронной нагрузки и контроллера триггерных линий.

### Особенности модели Keithley 2450

#### Параметры

- основная погрешность – 0, 012%;
- входной шум в широкой полосе, типовое значение – 2 мВ (СКЗ);
- диапазон напряжений (измерение/воспроизведение) – от 10 нВ (500 нВ) до 200 В;
- диапазон токов (измерение/воспроизведение) – от 10 фА (500 фА) до 1 А;
- диапазон сопротивлений – от 1 мкОм до более 200 МОм;
- быстродействие – не менее 3000 измерений/с;
- объем встроенной памяти – не менее 250 000 значений;
- внешние интерфейсы – GPIB, USB, Ethernet (LXI).

#### Пользовательский интерфейс

- полноцветный 5-дюймовый сенсорный графический экран со встроенной контекстной подсказкой;
- простая и интуитивно понятная структура меню;
- ускоренная процедура конфигурирования, набор готовых типовых конфигураций.

#### Принцип "все в одном"

- функции измерения и воспроизведения напряжения, тока и сопротивления;
- функции дорогостоящих измерителей



параметров полупроводниковых устройств за существенно меньшую цену.

#### Точность

- расширение диапазонов малых токов и напряжений позволяет обойтись без применения дополнительных преусилителей.

#### Защита измеряемых устройств

- непрерывный контроль и ограничение мощности в измеряемом устройстве.

#### Универсальность

- модель разработана для тестирования практически любых современных электронных устройств, в том числе изделий микро- и нанoeлектроники.

#### Обработка и отображение данных

- представление зависимостей в графическом виде на встроенном экране;
- экспорт данных в табличные форматы для дальнейшего анализа.

Более подробную информацию вы можете получить у специалистов отдела Информационных технологий и специальных проектов НПП "Родник", а также на сайте компании – [http://www.rodnik.ru/product/server/measuring\\_equipment/istochniki/](http://www.rodnik.ru/product/server/measuring_equipment/istochniki/).

#### О НПП "Родник"

ЗАО "НПП "Родник" ([www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru)) – системный интегратор с 1991 года. Поставляет законченные программно-аппаратные решения в трех основных областях: системы автоматизированного проектирования электронных устройств, промышленная автоматизация, информационные технологии и специальные проекты на основе технологий передачи данных по радиоканалу. Система менеджмента качества компании сертифицирована на соответствие требованиям стандартов ГОСТ Р ISO 9001-2011 и ГОСТ РВ 0015-002-2012.

#### О компании Keithley

Компания Keithley Instruments, Inc. (США) ([www.keithley.com](http://www.keithley.com)) более 60 лет является ведущим разработчиком и производителем аппаратуры для точных измерений, применяемой при производстве и тестировании полупроводниковых, оптоэлектронных, радиочастотных компонентов и интегральных схем. Компания выпускает около пятисот наименований изделий, в том числе пикоамперметры, электрометры, нановольтметры, прецизионные источники напряжения и тока, системы коммутации и измерения аналоговых, оптических и СВЧ-сигналов. Исключительная точность и надежность аппаратуры Keithley позволяют использовать ее для контроля высокотехнологичной продукции на всех этапах производства, а также в научных исследованиях и разработках.