

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ В СОСТОЯНИИ НИЗКОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Беспалов Н. Н., Ильин М. В., Капитонов С. С.
ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск
Научно-производственное предприятие «Электронная техника – МГУ», г. Саранск
Тел. (834-2) 24-37-05. E-mail: eltech-mgu@mail.ru

Аннотация. В докладе рассматривается методика определения класса силовых тиристорov и разработка на основании данной методики устройства для определения параметров силовых тиристорov в состоянии низкой проводимости.

Ключевые слова: тиристор, параметр, низкая проводимость, измерение, методика, автоматизированное устройство, ЭВМ.

Постановка задачи

В настоящее время силовые полупроводниковые приборы (СПП) получили широкое распространение в самых различных областях электротехники и электроники. Надежность преобразователей на основе СПП, в качестве которых широко применяются силовые диоды и тиристоры, при эксплуатации определяется надёжностью составных элементов, в частности СПП.

Надёжность СПП, в свою очередь, определяется их исходным качеством и режимами эксплуатации. Некоторые величины этих параметров и характеристик разработчиками приборов приводятся в паспортных данных на тип СПП. Однако величины параметров и характеристик серийных СПП имеют значительный разброс, вызванный естественной нестабильностью технологии производства. Отсутствие в производстве эффективных методик и высокопроизводительных технических средств определения величин параметров и характеристик серийных СПП не позволяет определять эти величины для каждого конкретного прибора. Результаты исследований и опыт эксплуатации показали, что параметры конкретного СПП могут значительно изменяться во время эксплуатации вследствие скрытых дефектов производства, а также из-за их естественного износа – «старения».

Отсутствие учёта разброса параметров и характеристик СПП в реальных режимах эксплуатации приводит к неэффективности подбора для группового соединения, что при определённых условиях эксплуатации приводит к повышению вероятности отказа отдельных приборов, ведущему к выходу из строя преобразователя в целом.

Для осуществления метрологического контроля поточного производства полупроводниковой продукции предполагается создание высокопроизводительного измерительного оборудования, способного контролировать весь набор базовых параметров изготавливаемого устройства. В данной работе рассмотрено одно из возможных схемных решений испытательной аппаратуры для испытания СПП и определения величин электрических параметров в состоянии низкой проводимости.

Выбор и обоснование метода испытания

Определение вольтамперной характеристики (ВАХ) и класса СПП по напряжению в настоящее время затруднено отсутствием эффективных методик, обеспечивающих объективное определение основных критериев их годности в состоянии низкой проводимости – импульсных токов в закрытом (I_{DRM}) и обратном (I_{RRM}) состояниях. По значениям этих параметров определяются, соответственно, предельные значения повторяющихся импульсных напряжений в закрытом состоянии (U_{DRM}) и обратном

состоянии (U_{RRM}), которые, в свою очередь, и определяют класс СПП по напряжению.

Проверку класса, или определение повторяющегося напряжения $U_{D(R)RM}$, проводят согласно действующему стандарту [1] при предельной температуре полупроводниковой структуры. На рис. 1 представлены диаграммы последовательности импульсов напряжения, прикладываемого к исследуемому тиристор (ИТ) для определения класса, и тока, протекающего через ИТ.

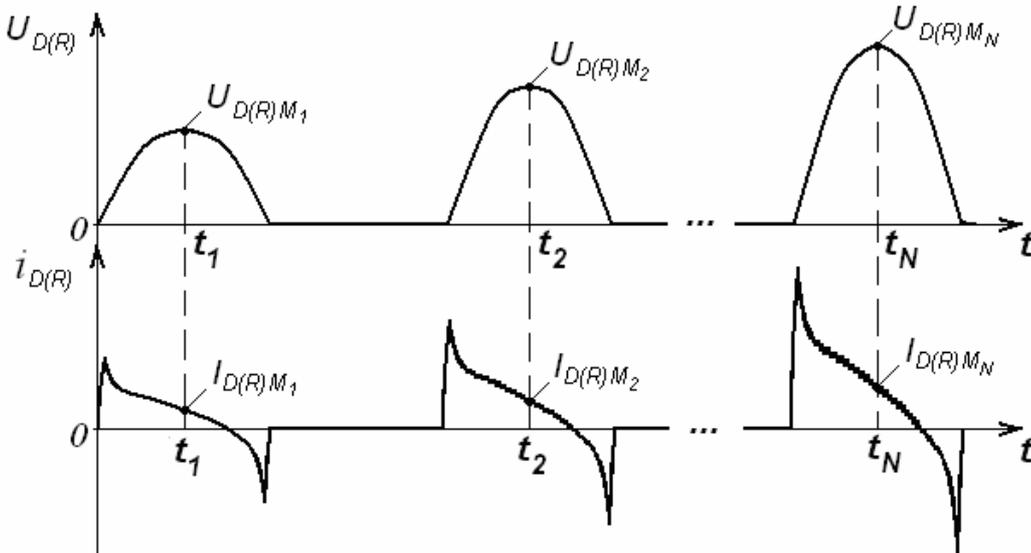


Рис. 1. Диаграммы импульсов напряжения на ИТ, и тока через него в ходе испытаний

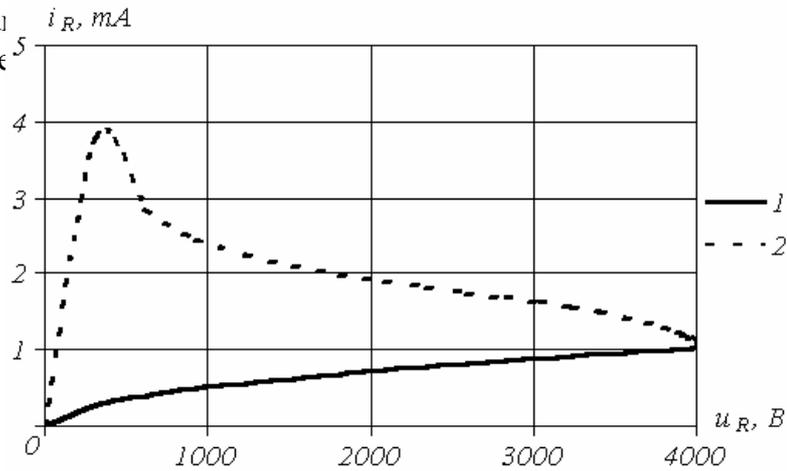
Измерение текущей величины $I_{D(R)M}$ осуществляется в момент, когда импульс напряжения достигает амплитуды, при которой скорость изменения напряжения $dU_{D(R)RM}/dt$ равно нулю. При достижении величины $I_{D(R)M}$ установленной для испытываемого типа приборов классификационной повторяющейся величины тока $I_{D(R)RM}$ или при некотором ее превышении процесс увеличения амплитуды напряжения прекращается. При этом в зависимости от величины этой амплитуды напряжения вентилю присваивается определенный класс по напряжению, которая соответствует величина $U_{D(R)RM}/100$. В случае, если полученная величина оказывается дробной, то класс вентиля определяется целым числом, меньшим из двух соседних целых чисел, между которыми лежит искомое дробное число. Подобная градуировка производится, если класс вентиля более 3. При меньших значениях для наиболее полного использования вентиля по напряжению классификация по классам производится через 0,5.

Представляет интерес рассмотреть возможность контроля параметров критериев годности СПП при нормальной температуре 20–25 °С.

Эквивалентная схема $p-n$ перехода в состоянии низкой проводимости представляет собой параллельное соединение нелинейной активной и емкостной составляющей со значительной барьерной емкостью C_σ [2], которая зависит от прикладываемого напряжения. В связи с этим в испытательной цепи испытываемый прибор (ИП), при приложении к нему изменяющегося напряжения $u_{D(R)}$ протекают активная $i_{D(R)A}$ и емкостная $i_{D(R)C}$ составляющие суммарного тока $i_{D(R)\Sigma}$.

На рис. 2 представлена ВАХ центрального $p-n$ перехода тиристора Т273–1250, при температуре полупроводниковой структуры 20 °С без учета емкостного тока (кривая 1 – статическая ВАХ) и с его учетом (кривая 2 – динамическая ВАХ) [3], из которого видно, что при прикладывании к ИТ импульса обратного напряжения полусинусоидальной формы,

статическая и динамическая ВАХ при больших скоростях ϵ



напряжениях и

Рис. 2. Статическая (кривая 1) и динамическая (кривая 2) ВАХ p - n перехода тиристора T273–1250 при температуре 20°C

При этом зона, где наблюдаются значения погрешности измерения тока $I_{D(R)M}$ меньше предельной, близка к амплитудному значению. В связи с этим для объективного измерения тока $I_{D(R)RM}$ в «холодном» состоянии при испытании СПП требуется применять такую зависимость испытательного напряжения, при которой в момент измерения обеспечивается скорость изменения испытательного напряжения $du_{D(R)}/dt \approx 0$.

Определение ВАХ производится по точечным значениям измеряемой амплитуды испытательного импульса напряжения $U_{D(R)M}$ и тока $I_{D(R)M}$.

Функциональная схема устройства

На рис. 3 показана функциональная схема разрабатываемого устройства, где ИПН — источник импульсов напряжения; ИТ — испытуемый тиристор; ДН — датчик напряжения; ТШ — токовый шунт; СЗ — система защиты; СС — система слежения; ПК — персональный

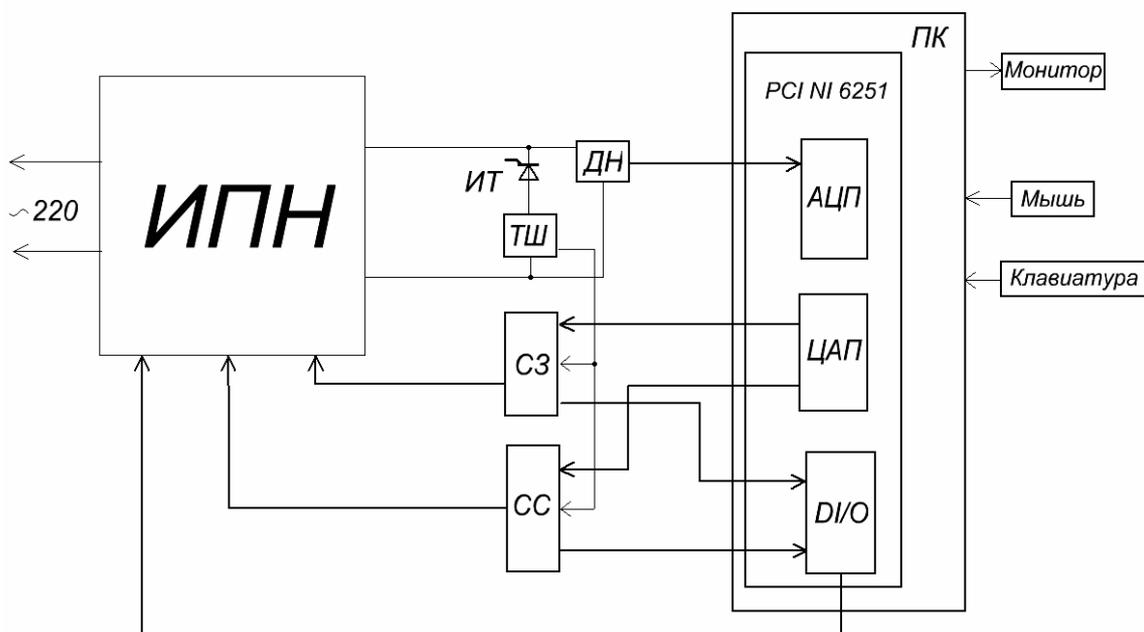


Рис. 3. Функциональная схема устройства

компьютер, в состав которого входят: АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЦАП–цифро-аналоговый преобразователь; DI/O – цифровые входы; монитор – для отображения процесса измерения; мышь и клавиатура – для управления процессом измерения.

Источник импульса напряжения (ИПН) обеспечивает изменение амплитуды импульсов напряжения $U_{D(R)M}$ шагом 10-50 В до загиба ВАХ или до нормированного значения обратного тока, частоту повторения импульсов 3-50 Гц длительность импульсов $10 \pm 0,1$ мс.

Устройство работает следующим образом. ИПН формирует импульсы с плавно нарастающей амплитудой. Напряжение $u_{D(R)}$ с ИПН прикладывается к ИТ, находящемуся в состоянии низкой проводимости. Одновременно происходит измерение сигнала напряжения с выхода ДН, который поступает на вход АЦП. Данные с АЦП обрабатываются компьютером и отображаются на мониторе. Для дальнейшего использования данные сохраняются в памяти компьютера.

При достижении тока утечки через ИТ номинального значения СС выдаёт сигнал, прекращающий подачу импульсов с ИПН на ИТ. Для измерения тока утечки через ИП используется ТШ. Значение напряжения с ТШ, пропорционального току сравнивается СС с заданным значением опорного напряжения с ЦАП. Кроме того, величина тока, протекающего через ТШ, поступает на цифровые входы DI/O измерительной платы, для дальнейшего отображения на мониторе ПК и контроля процесса измерения оператором.

Для дальнейшей обработки всех измеряемых параметров программным путем, предусмотрена отдельная часть функциональной схемы, реализованная с помощью платы сбора данных PCI-6251 фирмы “National Instruments”, соединенной с компьютером. В нашем случае используются следующие устройства, входящие в состав PCI-6251: АЦП, ЦАП и DI/O. Динамический диапазон напряжения, измеряемый платой, составляет 0 – 10 В, поэтому для согласования уровней испытательного и входного напряжения используются масштабирующие усилители. Измерение производится с помощью 16-ти разрядного АЦП. По типовому кабелю NI, имеющему специальное экранирование, измерительные сигналы от внешней аппаратной части поступают на плату сбора данных.

Обработка данных и управление измерением, производится компьютером, работающим под управлением программы, написанной на языке визуального программирования LabVIEW.

Разработанное устройство позволяет определять параметры ВАХ СПП, рассчитанных на напряжения в состоянии низкой проводимости до 6000 В. При этом осуществляется измерение токов $I_{D(R)M}$ через прибор в диапазоне от 10 мкА до 100 мА. Предполагается увеличить диапазон амплитуды испытательных сигналов напряжения до 10 кВ.

Вывод

Устройство позволяет экспериментально определять классификационные параметры СПП в состоянии низкой проводимости в соответствии с принятым стандартом, произвести отображение ВАХ испытуемого прибора на экране монитора оператора и сохранить результаты исследования в памяти компьютера для дальнейшей обработки. Применяемые методические и технические решения позволяют существенно повысить точность определения измеряемых величин параметров и характеристик СПП при расширении функциональных возможностей.

Литература

1. ГОСТ 24461–80 (СТ. СЭВ 1656–79). Приборы полупроводниковые силовые. Методы измерений и испытаний. – М. : Издательство стандартов, 1981. – 56 с.
2. Лабунцов В. А., Тугов Н. М. Динамические режимы эксплуатации мощных тиристорov. – М. : Энергия, 1977. – 192 с.
3. Беспалов Н. Н. Исследование ВАХ силовых полупроводниковых приборов в состоянии

низкой проводимости и требования к испытательной аппаратуре / Н. Н. Беспалов, Ю. М. Голембиовский, Н. В. Трофимов // Электротехнические комплексы и силовая электроника, анализ, синтез и управление. – Саратов, СГТУ, 2002. – С. 4–10.