

Рисунок 1 – Изображение панели управления измерителя ИППП-3 с выбранной закладкой “Канал С” и изображением графической зависимости коэффициента передачи Beta (Ось Y) от тока коллектора Ic (Ось X) на экране встроенного ЖК-дисплея

1. Измеритель характеристик полупроводниковых приборов Л2-56. Техническое описание. - 177 с.
2. 370B Programmable Curve Tracer. User Manual. - USA.: Tektronix, Inc 1990.- 238с.
3. Измеритель параметров полупроводниковых приборов ИППП-3. Руководство по эксплуатации. УШЯИ.411251.005 РЭ. часть первая 41с., часть вторая 34с

УДК 621.382.3:621.317.6

## МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ РАЗВЕРТКИ В СИЛОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЯХ ВАХ

Лисенков Б.Н., Бруек А.А., Грицев Н.В.  
Открытое акционерное общество “МНИПИ”  
Минск, Республика Беларусь

При измерении вольт-амперных характеристик (ВАХ) полупроводниковых объектов тестирования (ПОТ) повышенной мощности развертку ВАХ осуществляют с помощью синусоидального напряжения или последовательности импульсов.

Например, в цифровых измерителях предназначенных для исследования силовых ПОТ (модель 370 (Tektronix, США) и ИППП-3 (МНИПИ)), испытательное напряжение синусоидальной формы мощностью до 250 ВА формируют из напряжения сети, с помощью включенных последовательно изолирующего трансформатора, усилителя мощности и выходного трансформатора, как показано на рисунке 1, [1, 2].

Однако, сигнал синусоидальной формы который “автоматически” обеспечивает развертку ВАХ от нуля до максимального (ампли-

тудного) значения, применяют лишь в сравнительно узких диапазонах тока, напряжения и мощности из-за характерных искажений ВАХ типа “петля”, присущих этому виду развертки.

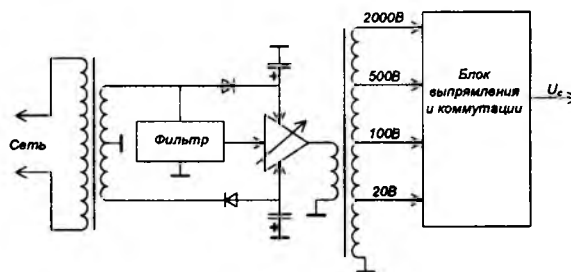


Рисунок 1 – Структурная схема источника испытательного напряжения повышенной мощности для цифровых измерителей ВАХ силовых ПОТ

Точность измерения ВАХ в области больших напряжений (100 В±2 кВ) и в области малых токов (1 мА±1 нА), при небольшой мощности испытательного сигнала, повышают путем преобразования выпрямленного переменного напряжения в постоянное с помощью сглаживающего конденсатора, а для исключения перегрева тестируемого транзистора при большой мощности испытательного сигнала используют импульсный режим питания базовой цепи.

В обоих случаях метод формирования развертки определяет основные функциональные возможности измерителя. Например, цифровой измеритель ВАХ модели 370 и известный аналоговый измеритель Л2-56, в режиме постоянного напряжения и в импульсном режиме отображают линию ВАХ в виде единственной принадлежащей ей точки. Это затрудняет визуальный анализ поведения ВАХ и цифровую обработку искомой зависимости.

Для расширения диапазонов измерения ВАХ по току, напряжению и мощности за счет работы с постоянным испытательным напряжением и в импульсном режиме, при одновременном расширении функциональных возможностей измерителя, нами разработан новый метод формирования развертки ВАХ, реализованный в измерителе ИППП-3 [2].

Метод обеспечивает ступенчатое изменение переменного напряжения от уровня “Старт” до уровня “Стоп” в режимах однократной и повторяющейся разверток, первая из которых используется для автоматизации измерений, а вторая для визуального анализа ВАХ при регулировке напряжения развертки вручную.

Метод включает формирование массива координат точек измеренной ВАХ, представляющих собой мгновенные значения сигналов напряжения (ось “Х”) и тока (ось “У”), воздействующих на соответствующие электроды ПОТ. Массив формируют путём добавления в него координат измеренных точек и используют для отображения ВАХ в виде динамического графика в процессе измерения и в виде таблицы чисел по его окончанию.

Новым является то, что при определении координат каждой точки ВАХ определяют величину изменения амплитуды переменного напряжения относительно её предыдущего значения соответствующего точке ВАХ добавленной в массив. При этом новую точку добавляют в массив координат точек ВАХ лишь при изменении амплитуды переменного напряжения не менее чем на шаг развертки, составляющий заранее определенную долю от установленного диапазона изменения амплитуды переменного напряжения.

Например, если в измерительном тесте установлено число точек ВАХ равное N, то шаг развертки будет равен частному от деления раз-

ности между уровнями “Стоп” и “Старт” на количество точек N.

Предлагаемый метод не требует дополнительных аппаратных затрат, так как позволяет сохранить ту же скорость (частоту) дискретизации сигналов тока и напряжения, которая используется при развертке ВАХ напряжением синусоидальной формы, обеспечивает измерение N точек ВАХ в режиме однократной развертки и ограничивает их количество в режиме повторяющейся развертки, при регулировке переменного напряжения вручную.

Для иллюстрации предложенного метода, на рисунке 2 представлены временные диаграммы ступенчатоизменяющегося напряжения развертки в канале коллектора –  $U_c$ , полученного путем однополупериодного выпрямления и сглаживания переменного напряжения регулируемой амплитуды с частотой сети (50÷60Гц). Сглаживание осуществляется с помощью конденсатора. Напряжение развертки включает N ступеней практически постоянного уровня с пульсациями, из которых на рисунке представлены три (1-я, i-я и N-я ступени) и изменяется от уровня “Старт” до уровня “Стоп”. Для наглядности, уровень пульсаций на рисунке существенно увеличен.

Полученное напряжение развертки в канале коллектора может быть использовано как для измерения ВАХ в области больших напряжений и малых токов, при небольшой мощности испытательного сигнала, так и для исследования силовых биполярных транзисторов в импульсном режиме.

В первом случае, в канале базы формируют сигнал постоянного уровня. При этом, момент измерения выбирают на участке сигнала с малой скоростью изменения напряжения (рис. 2), что позволяет использовать цифровое интегрирование результатов измерения для повышения чувствительности.

Во втором случае, в канале базы формируют последовательность импульсов и момент измерения выбирают на вершине синусоиды (рис. 2), где скорость изменения напряжения также невелика и практически не меняется при значительном увеличении мощности, отбираемой из коллекторного источника испытательного напряжения во время импульса.

В режиме однократной развертки (автоматический режим) каждая ступень  $U_c$  содержит одну выпрямленную полусинусоиду. В режиме повторяющейся развертки при регулировке испытательного напряжения вручную (режим характеристикографа), длительность ступени и количество выпрямленных полуциклов на ней определяются скоростью регулировки.

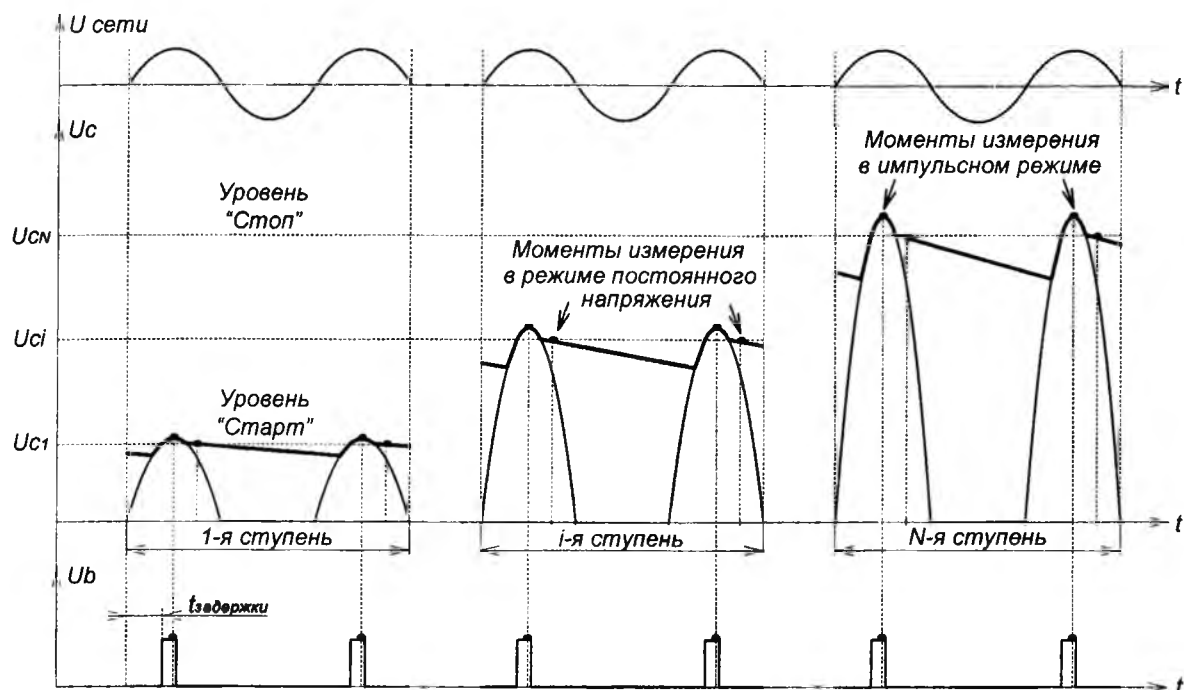


Рисунок 2 – Формирование ступенчатой развертки при однополупериодном выпрямлении испытательного напряжения, здесь  $U_{\text{сети}}$  – напряжение сети (частотой  $50\pm 60$  Гц);  $U_{c1}$ ,  $U_{c2}$ ,  $U_{cN}$  – уровни напряжения развертки в канале С (коллектора);  $U_{\text{б}}$  – импульсы в канале В (базы);  $N$  – количество ступеней

1. 370B Programmable Curve Tracer. User Manual. – USA.: Tektronix, Inc 1990. – 238с.
2. Измеритель параметров полупроводниковых приборов ИППП-3. Руководство по эксплуата-

ции. УШЯИ.411251.005 РЭ. часть первая 41с., часть вторая 34с.

УДК 621.382.3:621.317.6

### МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ВАХ

Лисенков Б.Н., Грицев Н.В., Бруек А.А.  
Открытое акционерное общество "МНИПИ",  
Минск, Республика Беларусь

В измерителях вольтамперных характеристик (ВАХ) предназначенных для исследования полупроводниковых объектов тестирования (ПОТ) повышенной мощности, для воздействия на ПОТ используют регулируемое испытательное напряжение синусоидальной формы с частотой сети [1].

При цифровом измерении ВАХ в режиме синусоидальной развертки, отношение скорости (частоты) дискретизации испытательного сигнала к частоте сети определяет число измеренных точек ВАХ, которое в известных приборах составляет  $200\pm 256$  шт. [2,3].

Однако, при использовании синусоидальной развертки в диапазоне малых токов и больших напряжений возникает типичное искажение формы ВАХ известное под названием "петля", что резко увеличивает погрешность измерений.

Искажения ВАХ в виде "петли" возникают в связи с неизбежным наличием в измерительной цепи паразитной электрической емкости, равной сумме емкости выходной цепи измерителя, емкости соединительного кабеля и емкости ПОТ. При быстром изменении испытательного напряжения от минимума до максимума и обратно, через паразитную емкость протекает реактивная составляющая тока, которая регистрируется и отображается измерителем ВАХ наряду с искомым активной составляющей, обусловленной омическими свойствами ПОТ. При этом, изображение графика ВАХ распадается на две ветви, одна из которых соответствует восходящей, а другая - нисходящей ветвям синусоиды.

Искажения типа "петля" снижают путем уменьшения скорости изменения испытательного напряжения. Напряжение синусоидальной