

1.16. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОММУТАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Цель лекции: изучение методов электрического контроля и диагностики коммутационных структур. Рассмотрение аналоговых сигнатур базовых элементов. Анализ режимов и принцип работы локализатора неисправностей. Методика проведения входного контроля с использованием локализатора неисправностей.

1.16.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КОММУТАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Одним из важнейших этапов производства коммутационных структур является контроль и диагностика. Контроль КС – это процесс проверки и оценки правильности соединений и функционирования коммутационных элементов в ИЭТ. Этот этап играет важную роль в обеспечении надежности и безопасности эксплуатации ИЭТ.

Применяются следующие основные методы контроля КС:

- *электрический*: КС проверяется на целостность проводников, правильность трассировки, наличие короткого замыкания между проводниками, качество изоляции;
- *оптический*: позволяет обнаружить такие дефекты как проколы, царапины, выступы на проводниках; неточности в размещении контактных площадок и проводников; неточность размеров контактных площадок и проводников; подтравливание, дефекты металлизации и др.;
- *рентгеновский*: применяется для поиска пустот в слоях; при базировании слоев КС для определения места сверления базового отверстия нижнего слоя; для контроля качества просверленных отверстий и металлизации;

Для электрического тестирования применяют различные анализаторы производственных дефектов, в которых контактирование осуществляется следующими способами:

- через односторонний или двусторонний тестовый адаптер (поле подпружиненных контактов);
- при помощи пробниковой системы с подвижными пробниками (летучий пробник);
- с использованием вакуумных, кассетных и пневматических адаптеров;
- большим количеством разъемов.

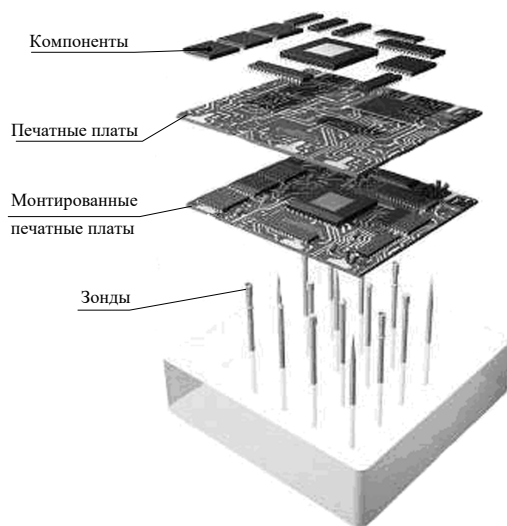


Рис. 1.73. Электрический контроль КС при помощи поля подпружиненных контактов

Вариант использования специализированных адаптеров (рис. 1.73) целесообразен для крупносерийного и массового производства. Используемые адаптеры не универсальны и изготавливаются под конкретную КС. Данный способ характеризуется высокой производительностью, так как имеется возможность одновременной проверки всех цепей.

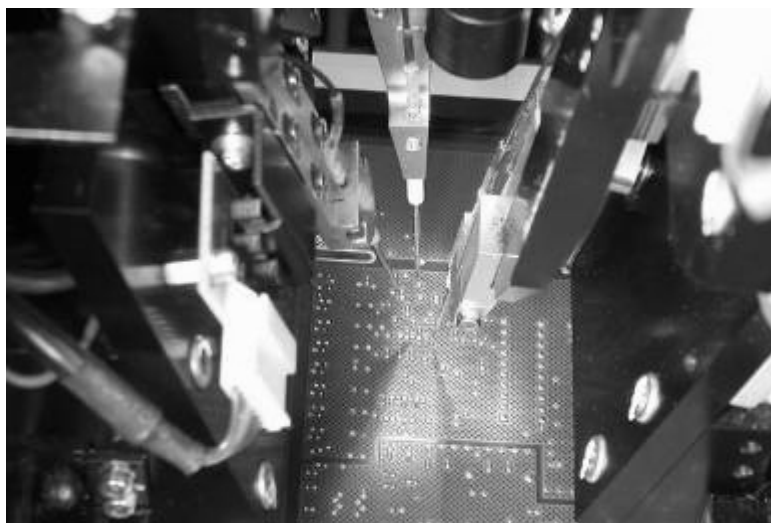


Рис. 1.74. Электрический контроль КС при помощи летучего пробника

Использование технологии летучего пробника (рис. 1.74) оправдано для мелкосерийного производства. Данный вид контроля универсален и может быть применен практически к любой КС. Однако этот метод имеет значительно более низкую производительность по сравнению с методом контроля при помощи поля подпружиненных контактов.

1.16.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Оборудование для проверки электрических соединений и снятия характеристики используется повсеместно, они представляют собой как простые устройства для ручного контроля и проверки, так и частично автоматизированные и полностью автоматизированные. Последние по загруженной программе способны при помощи щупов обнаружить обрывы и некорректную работу. Частично автоматизированные работают в таком режиме: работник сам выставляет щупы в необходимые места и устройство выводит или на свой экран, или на экран компьютера вольт-амперные характеристики, множественные значения, которые можно посмотреть в таблицах.

Также удобно использовать оборудование для проверки целостности электрических соединений, отсутствия дефектов в компонентах, уже смонтированных на плату. Это поможет обнаружить скрытые дефекты, которые впоследствии можно конкретизировать при помощи дорогостоящего оборудования. Например: если не удалось установить видимые дефекты на плате, можно определить некорректную работу при помощи менее дорогостоящего оборудования, снять необходимые характеристики, сравнить их с теоретическими или с результатами практическими, но снятыми с образца. Далее при необходимости перейти к нахождению дефекта при помощи рентгеновского оборудования.

Например, методика контроля элементной базы электронной аппаратуры с использованием аналогового сигнатурного анализатора ориентирована на применение локализатора неисправностей SFL1500 (ООО "Совтест АТЕ", г.Курск) и управляющей прибором программой SFLPro.

Методика охватывает тестирование пассивных компонентов РЭА (резисторов, конденсаторов, индуктивностей) и тестирование полупроводниковых компонентов (диодов, стабилитронов, транзисторов).

Аналоговый сигнатурный анализ (ACA) - Analogue Signature Analysis (ASA) – современная технология диагностики неисправностей на смонтированных печатных узлах (ПУ) или компонентах РЭА (радиоэлектронной аппаратуры). Данный метод основан на сравнении аналоговых сигнатур корректно работающих изделий (эталона) с сигнатурами тестируемых изделий. В случае совпадения сигнатур – тестируемое изделие считается исправным, сигнатурные различия указывают на проблему или неисправность.

При сигнатурном анализе переменный синусоидальный сигнал, ограниченный по току, подается на тестируемый компонент, а результирующие

значения тока, падения напряжения и фазовые сдвиги отображаются на дисплее измерителя. Величина протекающего тока отображается как вертикальное отклонение графика сигнатуры, а падение напряжение на тестируемом компоненте отображается горизонтальным отклонением графика сигнатуры. Результирующий график на дисплее измерительного прибора называется «аналоговой сигнатурой» или вольтамперной характеристикой (ВАХ).

На рис.1.75 представлена упрощенная структурная схема измерительного прибора, работающего с использованием технологии АСА.

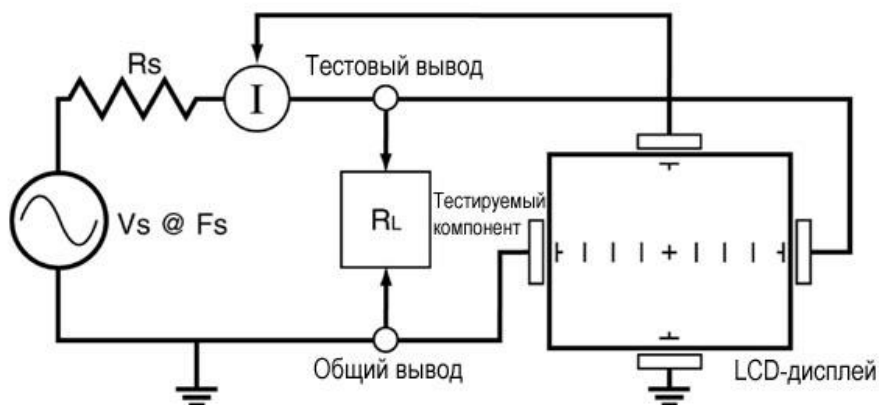


Рис. 1.75. Упрощенная структурная схема сигнатурного анализатора

На тестируемый компонент R_L подается синусоидальный сигнал через токоограничивающий резистор R_s . Напряжение на тестируемом компоненте отображается на горизонтальной оси LCD-дисплея, а сила тока — на вертикальной оси. Каждый тестовый сигнал имеет следующие основные параметры: напряжение источника V_s , сопротивление источника R_s и частоту сигнала источника F_s , варьирующиеся для получения соответствующих аналоговых сигнатур в различных тестовых точках.

Из закона Ома ($R = V / I$) следует, что результирующая характеристика представляет собой импеданс тестируемого устройства. Изменение частоты необходимо для тестирования частотно-зависимых компонентов, таких как конденсаторы и катушки индуктивности.

Сопротивление R_L включено последовательно с внутренним сопротивлением сигнатурного анализатора R_s или сопротивлением источника. Так как сопротивление R_s является постоянным, то величина падения напряжения на исследуемом компоненте и величина тока через компонент, зависят только от величины R_L .

Аналоговые сигнатуры базовых компонентов

Большинство ошибок на отказавших платах — это грубые сбои, такие как короткое замыкание или разомкнутые цепи, и их легко обнаружить с помощью сигнатурного анализа. Короткое замыкание будет отображаться как вертикальная линия, так как ток для любого приложенного напряжения теоретически бесконечен, тогда как разомкнутая цепь (бесконечное сопротивление) отображает горизонтальную линию, потому что ток всегда равен нулю независимо от приложенного напряжения. Сигнатуры короткого замыкания и разомкнутой цепи представлены на рис. 1.76.

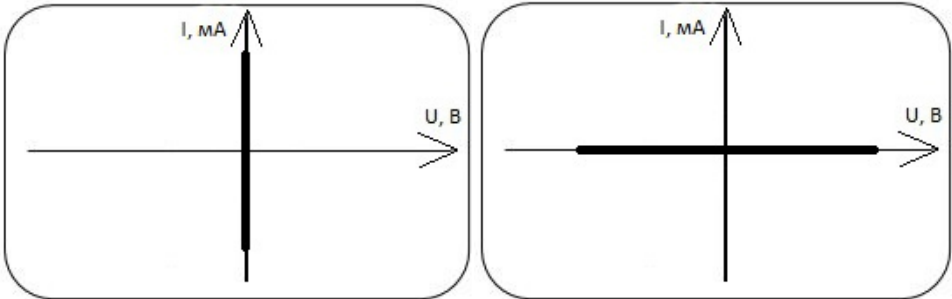


Рис. 1.76. Сигнатуры короткого замыкания (а) и разомкнутой цепи (б)

Различные типы компонентов и устройств генерируют разные сигнатуры, в зависимости от силы тока и изменении приложенного напряжения. Рассмотрим сигнатуры четырех базовых элементов: сопротивление, емкость, индуктивность и полупроводник. Каждый из этих четырех основных компонентов по-разному реагирует на синусоидальный тестовый сигнал.

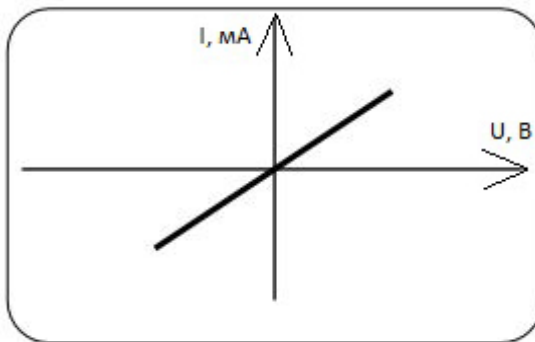


Рис. 1.77. Сигнатура резистора

Сигнатура резистора указывается прямой линией под углом от 0° до 90° , наклон которой зависит от сопротивления, поскольку ток пропорционален приложенному напряжению (рис. 1.77). Чем выше значение тестируемого

резистора, тем ближе линия проходит к горизонтали (разомкнутая цепь). Для обеспечения максимальной точности следует выбирать импеданс источника сигнатурного анализатора, чтобы наклон линии, для хорошего резистора, был близок к 45° . Разница в наклоне кривой при сравнении хорошей и тестируемой платы указывает на разницу в значениях резисторов на двух платах.

Сигнатура конденсатора — круг или эллипс (рис. 1.78).

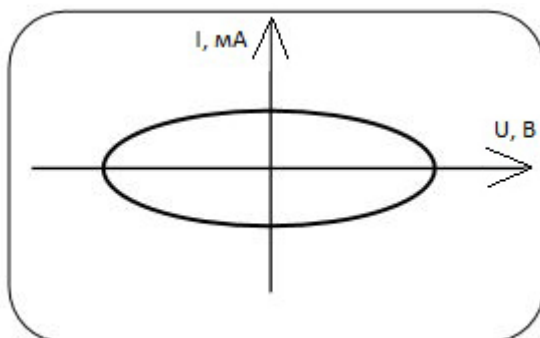


Рис. 1.78. Сигнатура конденсатора

Из-за способности накапливать энергию, данные реактивные компоненты производят фазовый сдвиг между напряжением и током. Это свойство приводит к получению характеристик в виде кругов или эллипсов. Конденсаторы с относительно низкими значениями имеют сглаженные, горизонтальные, эллиптические сигнатуры, а конденсаторы с относительно высокими значениями имеют уплощенные, вертикальные, эллиптические сигнатуры. Оптимальная сигнатура представляет собой почти идеальный круг, который можно получить, выбирая соответствующую частоту испытания и импеданс источника.

Как правило, чем выше емкость, тем ниже тестовое сопротивление и частота. Негерметичный конденсатор дает наклонную кривую из-за эффективного сопротивления параллельно с конденсатором.

Сигнатура индуктивностей имеет круглую или эллиптическую форму из-за внутреннего сопротивления, и может показывать гистерезис (рис. 1.79). Индуктивности с относительно высокими значениями имеют сглаженные, горизонтальные, эллиптические сигнатуры, аналогичные показателям конденсаторов. Оптимальная сигнатура — идеальный круг. Индукторы с одинаковым значением могут иметь очень разные сигнатуры, если они используют разные материалы сердечника или если сердечник расположен по-другому.

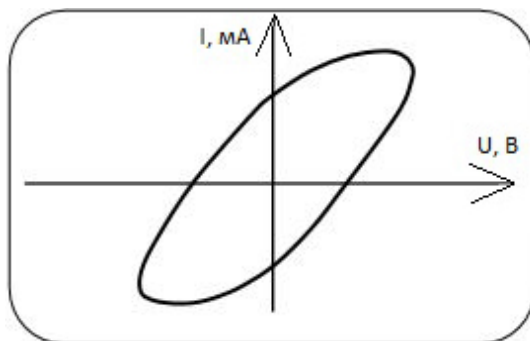


Рис. 1.79. Сигнатура индуктивности

Для индуктивности обычно требуется низкий импеданс источника и более высокие тестовые частоты для проявления эллиптической сигнатуры.

Сигнатура полупроводникового диода состоит из двух или более линейных отрезков прямых, которые напоминают прямой угол, с проводимостью как в прямом, так и в обратном направлении (рис. 1.80). Сигнатура диода отражает саму природу полупроводникового P-N-перехода. Как известно, для P-N-перехода существует пороговое напряжение (напряжение включения), при котором диод начинает проводить ток. Это напряжение составляет около 0.6В для диодов, изготовленных на основе кремния. Пока разница напряжений между анодом и катодом прибора будет оставаться ниже порогового значения, диод будет вести себя подобно открытой цепи. Как только пороговая величина будет превышена, диод начнет проводить ток. Как только диод перейдет в область проводимости, малое увеличение напряжения на аноде будет приводить к значительному увеличению тока через диод.

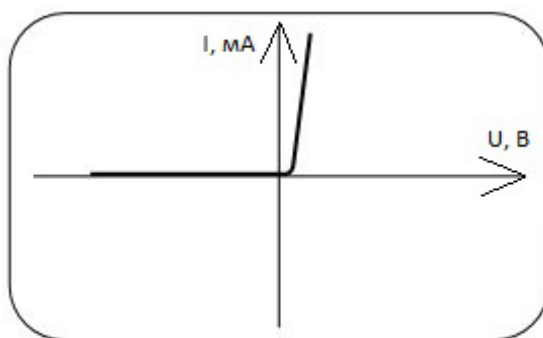


Рис. 1. 80. Сигнатура диода

Светодиодные индикаторы имеют сигнатуры аналогичные обычным полупроводниковым диодам (рис. 1.81), за исключением более высокого значения падения напряжения на открытом элементе – примерно 1,5 В.

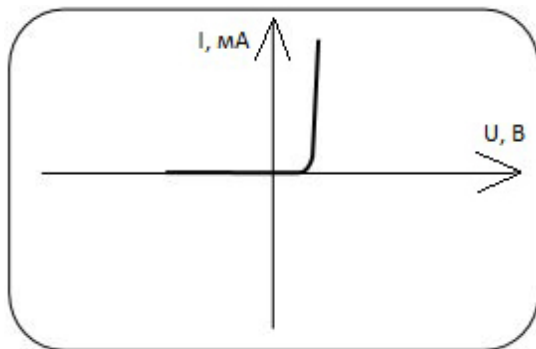


Рис. 1. 81. Сигнатура светодиода

Дефектные диоды можно легко идентифицировать по отклонению от этой характеристики. Например, диод, который имеет значительную обратную утечку, будет иметь диагональную кривую в обратной области, подобную резистору.

Фактическая сигнатура в схеме представляет собой совокупность сигнатур основных компонентов в этой цепи.

Стабилитроны имеют абсолютно аналогичные обычным полупроводниковым диодам сигнатуры (рис. 1.82), но лишь до напряжений их стабилизации. При достижении стабилитроном соответствующего напряжения стабилизации, будет наблюдаться появление низкоимпедансной сигнатуры.

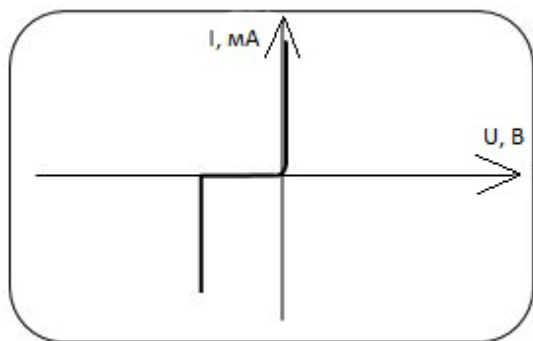


Рис. 1. 82. Сигнатура стабилитрона

Транзисторы имеют два полупроводниковых перехода (один - между базой и коллектором, а второй – между базой и эмиттером), соединенных друг с другом.

На рис. 1.83 представлена типовая характеристики n-p-n транзисторов (эмиттер и коллектор изготовлены из полупроводника N-типа, а база имеет P-тип).

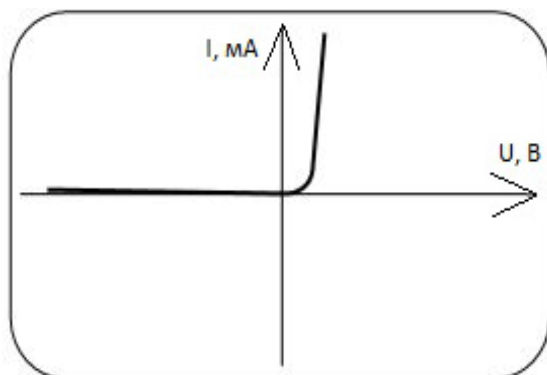


Рис. 1. 83. Транзистор n-p-n переход база-эмиттер

Сигнатура перехода база-коллектор аналогична сигнатурам обычных полупроводниковых диодов.

Сигнатура перехода коллектор-эмиттер аналогична сигнатурам стабилитрона. Когда тестирующее напряжение положительно (правый квадрант), переход коллектор-база смещен в обратном направлении, а база-эмиттер - в прямом. Смещенный в обратном направлении, переход коллектор-эмиттер препятствует прохождению тока, что на сигнатуре отражается в виде горизонтальной линии (отсутствие контакта).

Когда напряжение тестирования отрицательно (левый квадрант), переход коллектор-база смещен в прямом направлении, а база-эмиттер — в обратном. Переход база-эмиттер отображается аналогично пробоем стабилитрона – в виде пологой линии параллельной оси абсцисс. Обратите внимание на необходимость осторожного обращения с обратно смещенным переходом база-эмиттер.

Сигнатуры транзисторов типа p-n-p являются зеркальными отображениями сигнатур транзисторов n-p-n.

Тестирование работоспособности транзистора заключается в подаче на базу транзистора управляющего напряжения и дальнейшего наблюдения за изменением проводимости между коллектором и эмиттером.

Анализаторы сигнатур оснащены источником напряжения постоянного тока для проверки режимов работы активных устройств, таких как транзисторы. Для этой цели также можно использовать внешний источник питания.

Прибор функционирует как обычный характериограф, напряжение подается на вывод базы транзистора, а сигнатура эмиттер-коллектор выводится на экран дисплея. Полученная сигнатура схожа с сигнатурами, получаемыми с помощью характериографов, однако, так как используется постоянное значение тока, то выводится одна кривая, вместо семейства кривых. Такой подход может быть полезным при проверке работоспособности и коэффициента усиления транзистора.

Для транзисторов структуры n-p-n главное значение принадлежит части характеристики, находящейся в верхнем правом квадранте дисплея.

Для транзисторов структуры p-n-p наоборот (зеркально) - наиболее важной частью характеристики является ее часть, находящаяся в левом нижнем квадранте.

Устанавливая на импульсном генераторе режим PULSE 1"+", можно получить на дисплее сигнатуры отображение как проводящего, так и не проводящего состояний транзистора.

Если оставить уровень напряжения импульсного генератора LEVEL, в аналогичном предыдущему состоянии, и увеличить длительность импульсов кнопками WIDTH то, при установке достаточной величины длительности, переход база-эмиттер смещается в прямом направлении, транзистор начинает пропускать ток. При недостаточном значении длительности импульсов, транзистор закрыт и на дисплее отображается сигнатура аналогичная сигнатурам компонентов, имеющим открытые выводы.

Обзор сигнатур транзисторов:

- транзисторы являются полярными устройствами, поэтому их сигнатуры могут иметь обратную форму, если исследуемый компонент или тестовые щупы (пробники) размещены обратным образом. Транзисторы NPN и PNP, при сравнении, имеют схожие, но противоположные сигнатуры;
- анализаторы сигнатур могут определить тип транзистора (биполярный, Дарлингтона и т.д.), его полярность (NPN или PNP), расположение выводов (база, эмиттер, коллектор), а также могут быть использованы как характеристикограф для оценки коэффициента усиления;
- гибкость в выборе тестовых параметров прибора позволяет выделить или скрыть делала составной (композитной) сигнатуры исследуемой схемы.

Локализатор неисправностей (Аналоговый сигнатурный анализатор) SFL 1500 (рис. 1.84) предназначен для поиска неисправностей в электронных модулях на компонентном уровне. Прибор прост в эксплуатации, получаемая с его помощью информация позволяет выявлять самые сложные неисправности в электронных модулях. SFL1500 может быть использован производителями электроники и сервисными центрами. Кроме того, он может применяться для входного контроля электронных компонентов.



Рис. 1. 84. Локализатор неисправностей SFL 1500

Приборы разработаны специалистами предприятия ООО "Совтест АТЕ" и успешно прошли испытания на базе предприятия, а также в независимой лаборатории на соответствие требованиям ГОСТ Р.

Особенности прибора SFL1500:

- локализация неисправностей на компонентном уровне без подачи питания на проверяемый электронный модуль – методом ASA;
- обнаружение неисправных конденсаторов, транзисторов, симисторов и ИМС без выпаивания их из электронных модулей;
- программирование по эталонному модулю в режиме самообучения;
- функция RLC – для распознавания типов SMD компонентов на платах и определения их номиналов.

Прибор имеет широкий диапазон режимов тестирования и частотных режимов. Это позволяет достоверно оценить большое количество различных компонентов, и можно одинаково безопасно подвергать тестированию полупроводниковые как компоненты и микросхемы, так и мощные радиоэлементы. Так режим MIN удобен при проверке цепей схемы электронного модуля, состоящей из пассивных и полупроводниковых компонентов, а в режиме HIGH возможно тестирование высокоомных компонентов и диодов, имеющих обратное напряжение от 20 до 50В. А, варьируя частотными режимами, удобно оценивать работу компонентов, накапливающих энергию – конденсаторов и индуктивностей.

Функция RLC – еще один полезный инструмент локализатора неисправностей SFL1500. Её использование незаменимо на платах с высокой плотностью монтажа SMD компонентов, когда требуется распознавание типов компонентов и определение их номиналов.

Таким образом, основные достоинства локализатора неисправностей SFL1500 таковы:

- автоматизация. Прибор обеспечивает автоматическое сравнение проверяемого модуля с эталонным и сообщает результат тестирования ГОДЕН/НЕГОДЕН. Как следствие, высокая производительность;
- универсальность. Позволяет диагностировать любые виды электронных компонентов и их комбинации;
- простота в освоении и эксплуатации. Поиск неисправностей может осуществлять сервисный персонал со средней квалификацией. Не требует наличия электрической схемы изделия;
- безопасность тестирования. Тестирование производится без подключения питания к проверяемым и эталонным изделиям;
- сохранение целостности тестируемого изделия. Поиск неисправности не требует выпаивания компонентов из платы, не повреждает ее печатные проводники;

Рассмотрим состав и интерфейс локализатора неисправностей SFL, представленный на рисунке 1.85.

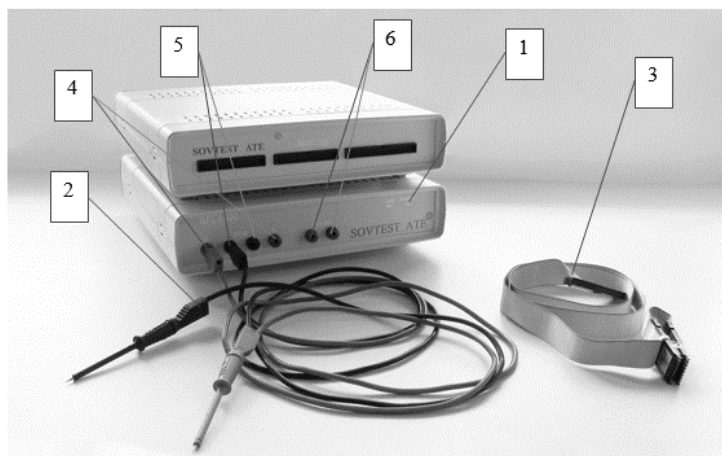


Рис. 1. 85. Состав и интерфейс локализатора неисправностей SFL 1500

В комплект поставки ЛН входит:

- локализатор неисправностей SFL1500 (1);
- игольчатый шуп – 2шт (2);
- 16-ти канальная тестовая клипса (3).

На передней панели ЛН расположены:

- два разъёма каналов **A** и **B**(4);
- два параллельных разъёма **COM** (5);
- два разъёма импульсного генератора **PULSE**(6).

Разъёмы каналов А и В. ЛН имеет два разъёма для подсоединения тестовой клипсы к тестируемому компоненту.

Разъёмы COM. ЛН имеет два запараллеленных разъёма COM (общий), предназначенных для присоединения тестовой клипсы COM к общему проводу тестируемой платы (плат). Если сравниваются две платы, то оба их общих провода должны подсоединяться к разъёмам COM прибора.

ЛН имеет два разъёма импульсного генератора, что позволяет работать в режиме тестирования двух испытываемых плат.

Импульсный генератор генерирует идентичные сигналы между каждым разъёмом PULSE и гнездами COM. Сигналы на разъёмах PULSE генерируются индивидуально, поэтому, хотя на каждый из данных разъемов направляется один и тот же импульс, нагрузка на каждом из них не влияет на сигнал, снимаемый с другого разъёма. Выводы генератора можно объединять для увеличения воздействующего тока на управляющий вывод компонента.

На задней панели ЛН расположены:

- разъём для подсоединения сетевого шнура;
- кнопка включения - выключения прибора: ВКЛ/ВЫК;
- разъём типа В интерфейса USB 2.0;
- разъём для подключения мультиплексора (IDC26).

Оснастка для проведения входного контроля полупроводниковых изделий

Для повышения производительности при входном контроле большого количества элементов было принято решение разработать оснастку для закрепления объектов тестирования. Сборочный чертеж оснастки представлен на рисунке 1.86.

Данная оснастка позволяет осуществлять подключение необходимого количества выводов сигнатурного анализатора к исследуемым объектам тестирования, при этом значительно сокращает время на смену объекта тестирования. Достаточно один раз определить количество и место установки выводов объекта тестирования, подключить тестовые клипсы сигнатурного анализатора к соответствующим разъёмам и в дальнейшем производить операции только по замене объектов тестирования в оснастке.

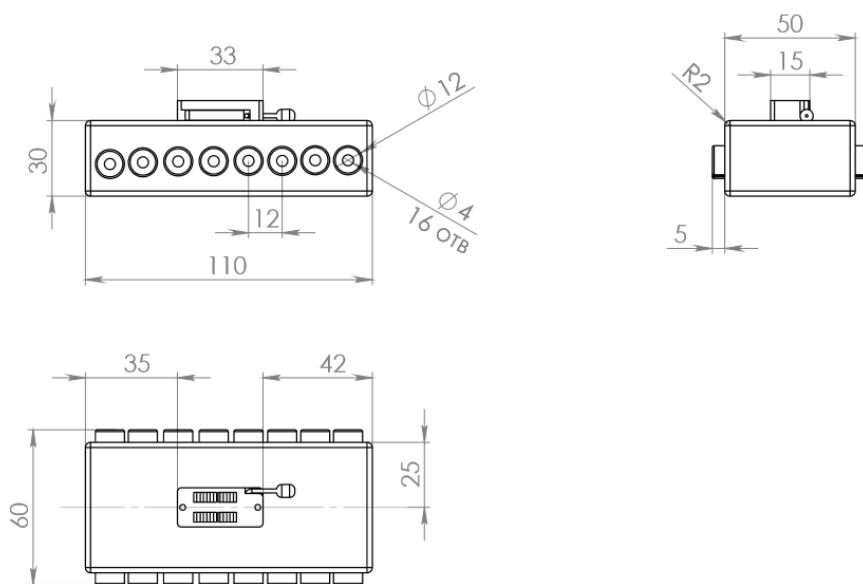


Рис. 1. 86. Сборочный чертеж оснастки для входного контроля

Трехмерная модель оснастки представлена на рис. 1.87.

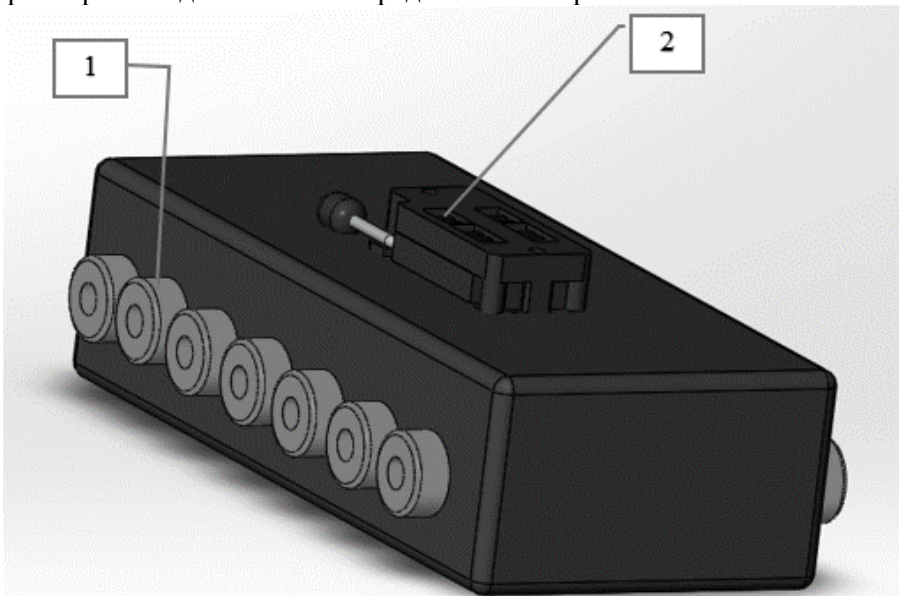


Рис. 1. 87. Трехмерная модель оснастки для входного контроля

Тестовые клипсы сигнатурного анализатора необходимо подключить к разъемам (1). Испытуемый образец устанавливается в разъем с нулевым усилием вставки (2).

Структура измерительного комплекса

Измерение электрических параметров полупроводниковых приборов осуществляется с помощью измерительного стенда аналогового сигнатурного анализа (рис. 1.88).



Рис. 1. 88. Структура измерительного комплекса.

В состав измерительного контура рис 1.88 входит: сигнатурный анализатор SFL-1500 (1), персональный компьютера (2), оснастка для входного контроля (3), программное обеспечение (4), внешний источник питания (5).

На рис.1.89 изображено рабочее место на базе измерительного стенда аналогового сигнатурного анализа.

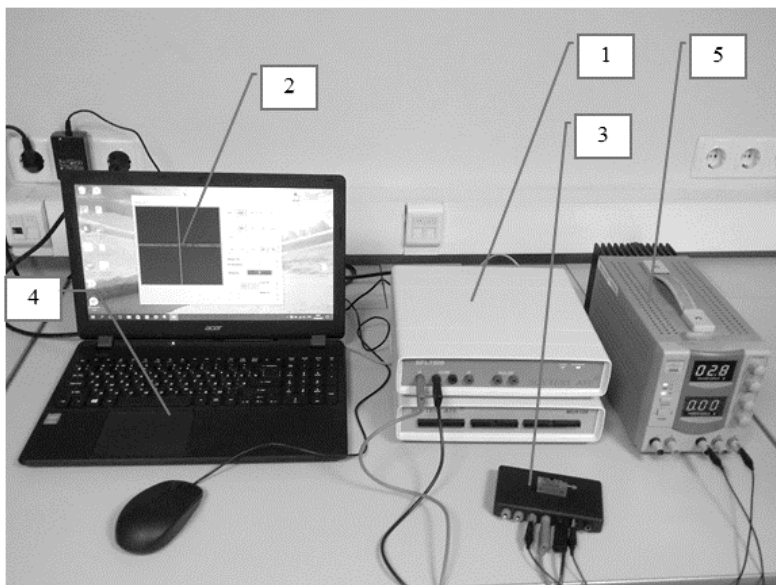


Рис. 1. 89. Внешний вид измерительного комплекса

В состав внешнего измерительного комплекса входит: сигнатурный анализатор SFL-1500 (1), персональный компьютера (2), оснастка для входного контроля (3), программное обеспечение (4), внешний источник питания (5))

С помощью данного измерительного комплекса возможен, как и входной контроль качества работы определенного элемента, так ИМС в целом. Так же с помощью данного стенда можно проводить изучение ВАХ радиоэлектронных приборов без необходимости подключать внешний источник питания.

Анализ режимов и принципа работы локализатора неисправностей SFL1500

В режиме реального времени (непосредственного сравнения) прибор сравнивает два одинаковых устройства – эталонное и тестируемое и результат тестирования выводится на дисплей локализатора неисправностей или монитор ПК.

В режиме программирования прибор производит проверку проверяемого изделия по заданной программе тестирования. Оператор устанавливает пробники согласно командам программы, а сравнение сигналов выполняется прибором автоматически. Наличие файла эталонных сигнатур (тестовой программы) позволяет обойтись при тестировании без использования второго (эталонного) устройства.

Таблица 1.27

Режимы работы локализатора неисправностей

Диапазоны тестирования	$V_{\text{пик}}$	$I_{\text{пик}}$
MIN	1 В	500 мкА
LOW	10 В	5 мА
LOGIC	10 В	150 мА
MED	20 В	1 мА
HIGH	40 В	1 мА
Частоты тестирования	5 Гц	
	50 Гц	
	100 Гц	
	500 Гц	
	1000 Гц	
	2000 Гц	
Импульсный генератор	Постоянный ток	
DC	Режимы импульсов: 1, 2	
P1, P2	Регулировка длительности импульса	
WIDTH	Уровень 0 ÷ 7 В	
LEVEL		
Регулировка чувствительности	1 - 99%	
Собственная память	128 сигнатур	
Подключение к персональному компьютеру (далее – ПК) по USB	Управление работой ЛН, чтение/ сохранение результатов тестирования	

Рассмотрим принцип работы локализатора неисправностей SFL 1500. Структурная схема представлена на рисунке 1.90.

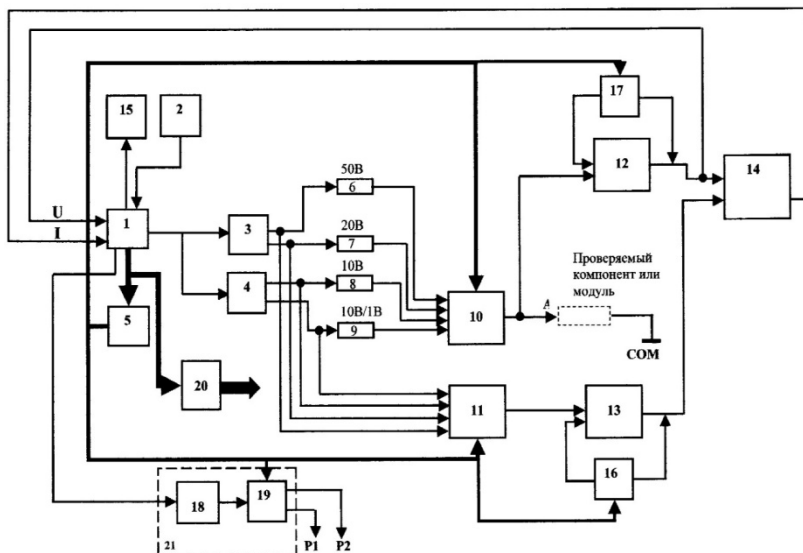


Рис. 1.90. Структурная схема локализатора неисправностей SFL 1500

Локализатор неисправностей SFL1500 содержит центральный процессор на базе микроконтроллера MSP430F1611 (1), клавиатуру (2), высоковольтный усилитель (3), усилитель (4), регистр управления реле (5), измерительные шунты (6; 7; 8; 9), электромагнитные реле (10; 11), операционные усилители с программируемым коэффициентом усиления (12; 13), операционный усилитель (14), цветной монитор (15), аналоговые мультиплексоры (16; 17), операционный усилитель (18), электромагнитное реле (19) и блок буферных регистров защелок (20), импульсный генератор (21).

Локализатор неисправностей SFL1500 работает следующим образом.

Центральный процессор на базе микроконтроллера MSP430F1611 (1) с помощью программного обеспечения и встроенного 12 битного ЦАП генерирует эталонный аналоговый синусоидальный сигнал частотой; 50 Гц, 100 Гц, 500 Гц, 1000 Гц и 2000 Гц и амплитудой; 50 В, 20 В, 10 В, 1 В, частота сигнала и амплитуда устанавливается с клавиатуры (2), клавиатура сканируется центральным процессором. Эталонный сигнал усиливается высоковольтным усилителем (3) и усилителем (4) до требуемой амплитуды, после чего подается через измерительные шунты (6, 7, 8, 9) на выводы электромагнитных реле (10), управление которыми осуществляет микроконтроллер через общую шину данных и регистр управления реле (5).

В зависимости от выбранного диапазона напряжения тестирования центральный процессор устанавливает на шине данных регистра управления реле управляющий код, и соответствующий измерительный шунт подключается к каналу А.

Проверяемый компонент или электронный модуль подключается между каналом А и «общим» выводом (СОМ). Напряжение, снимаемое до измерительного шунта, через электромагнитное реле (11) подается на вход операционного усилителя с программируемым коэффициентом усиления (13), в обратной связи усилителя установлен аналоговый мультиплексор (16), который в зависимости от управляющего кода процессора изменяет коэффициент усиления. Аналогично с помощью электромагнитного реле (10) и операционного усилителя с программируемым коэффициентом (12) преобразуется напряжение, снятое после измерительного шунта, непосредственно на измеряемом компоненте, значение напряжения, полученное на выходы операционного усилителя (12) пропорционально напряжению на тестируемом компоненте. Преобразованные напряжения с выхода усилителя (12) и (13) подаются на вход операционного усилителя (14), который производит вычитание амплитудных значений напряжения, значение напряжения, полученное на выходе операционного усилителя (14) пропорционально току в цепи шунта информационного канала А, к которому подключен тестируемый компонент.

Напряжения с выхода операционного усилителя (14) и операционного усилителя (12) подаются на вход встроенного 12 битного АЦП центрального процессора. Центральный процессор оцифровывает, полученные значения напряжения и строит график зависимости напряжения от тока (Аналоговую сигнатуру), которую выводит на цветной монитор (15). На фигурах 2-6 приведены примеры тестирования компонентов и их сигнатуры.

Схема импульсного генератора (21) содержит операционный усилитель (18), на вход которого с выхода ЦАП 2 центральный процессор подает импульсный сигнал прямоугольной формы, синхронизированный с частотой эталонного аналогового синусоидального сигнала, частота сигнала соответствует выбранному частотному диапазону. Операционный усилитель усиливает сигнал по напряжению и току. Амплитуда (от 0 В до $\pm 7,5$ В), полярность сигнала и длительность импульса (от 0% до 99%) задается кнопками управления импульсного генератора на передней панели прибора. Усиленный сигнал с выхода операционного усилителя подается на выводы электромагнитного реле (19), которое по управляющему коду с регистра управления реле (5) подключает сигнал к выходам Р1 и Р2 импульсного генератора (21).

Для подключения сканера на 1024 вывода, который является дополнительным оборудованием, схема прибора содержит блок буферных регистров защелок (20), центральный процессор по общей шине данных устанавливает управляющий код на входах буферных регистров, выходы буферных регистров выведены на разъем для подключения сканера.

Маршрут проведения измерения характеристик элементов

Обобщенный маршрут измерений характеристик элементов можно представить в виде алгоритма, представленного на рисунке 1.91.

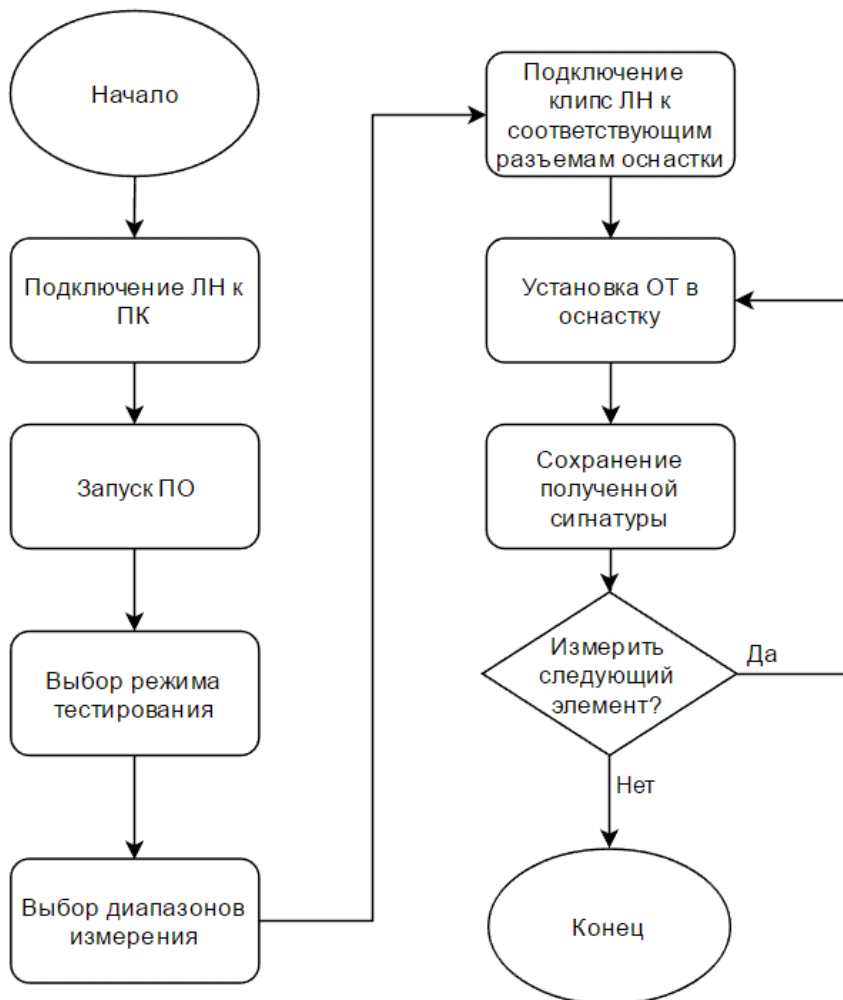


Рис. 1.91. Алгоритм измерения ВАХ полупроводниковых приборов

Маршрут измерений характеристик радиоэлектронных компонентов можно представить следующим образом:

- 1) Подключение локализатора неисправностей к ПК. Для установки связи ЛН с ПК необходимо выполнить следующие действия:
- 2) Подключить ЛН к ПК с помощью USB кабеля, входящего в комплект поставки;
- 3) Подключить мультиплексор к ЛН;

- 4) Включить тумблер питания ЛН на задней панели;
- 5) Запустить файл SFL.exe рабочей директории.
- 6) После запуска исполнительного файла Sfl.exe на мониторе ПК появится окно конфигурации COM порта;

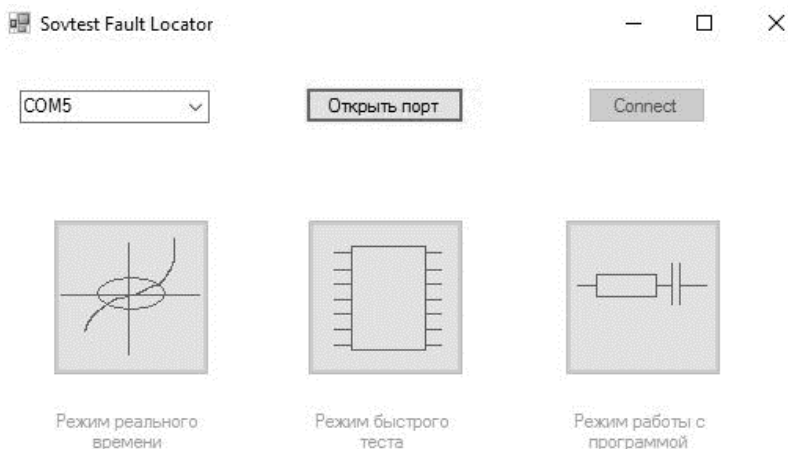


Рис. 1.92. Окно конфигурации COM порта

В поле Portmode необходимо выбрать номер порта, к которому подключен ЛН и нажать кнопку «Открыть порт». Должно появиться сообщение об успешном открытии порта. В противном случае необходимо проверить правильность подключения ЛН к ПК;

Далее осуществляется переход в главное окно программ SFLPro. Внешний вид основного рабочего окна приведен на рис. 1.93

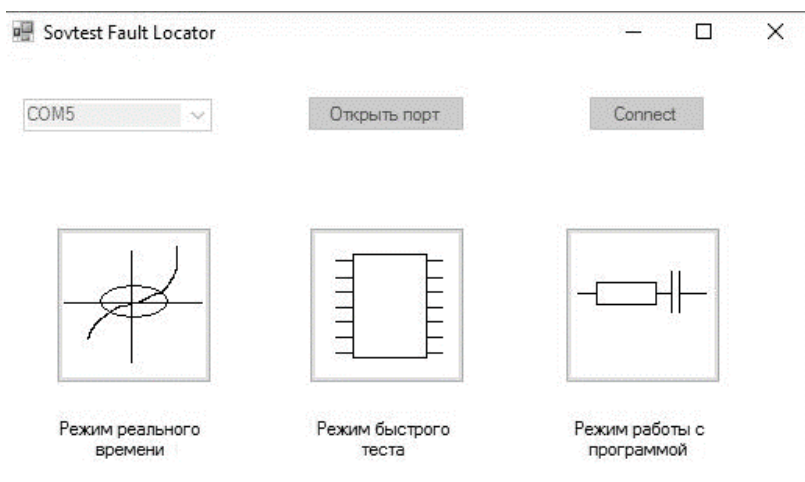


Рис. 1.93. Главное окно программы

Выбрать «Режим реального времени»;
Исследование аналоговых сигналов проводится в режиме реального времени.

Рабочее окно программы показано на рисунке 1.94;

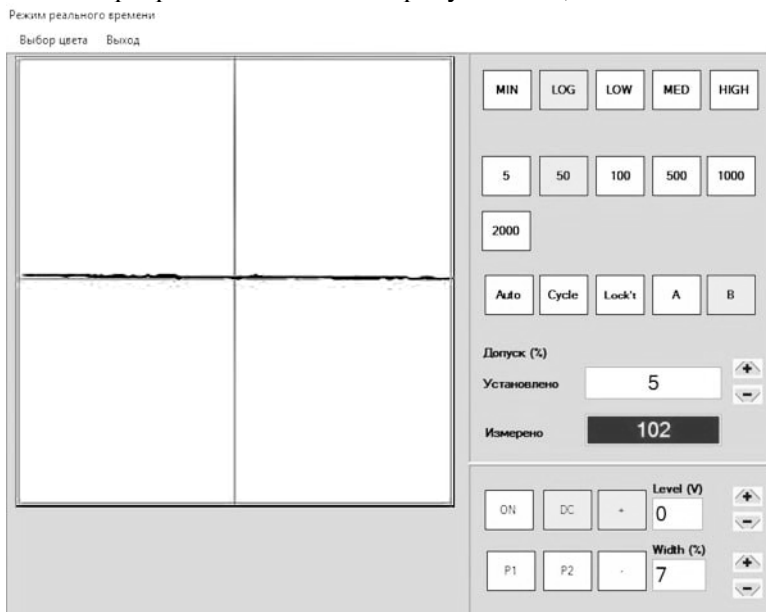


Рис. 1.94. Окно программы в режиме реального времени

Располагаем объект исследования в оснастку для входного контроля. При необходимости образец можно закрепить с помощью рычага;

Подключаем тестовые клипсы сигнатурного анализатора к соответствующим разъемам оснастки;

Выбираем необходимые параметры измерения в программном обеспечении;

Полученная сигнатура выводится на экран персонального компьютера.

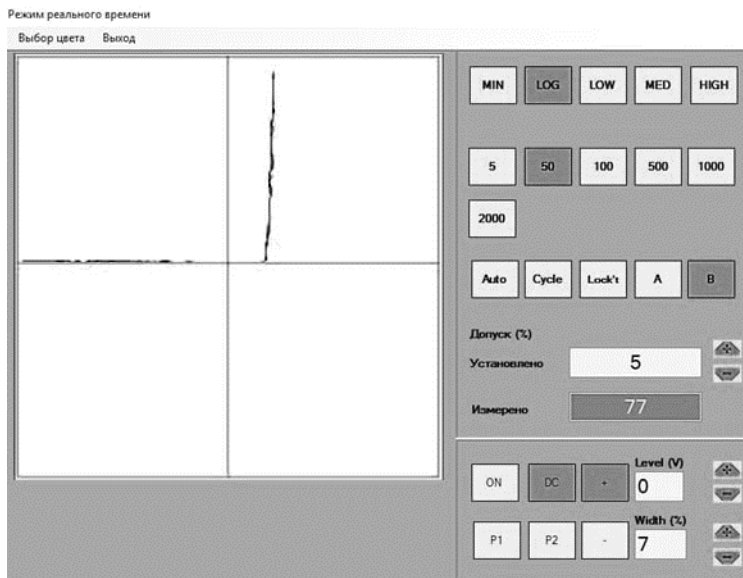


Рис. 1.95. Сигнатура диода 1N4148

В данном примере была получена сигнатура диода 1N4148.

Маршрут проведения входного контроля элементов

Обобщенный маршрут входного контроля элементов можно представить следующим образом:

Выбрать «режим быстрого тестирования» (рис. 1.96);

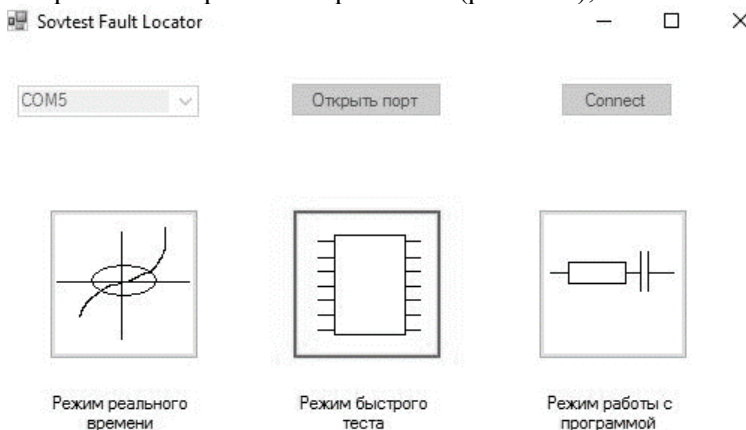


Рис. 1.96. Главное окно программы

Располагаем объект исследования в оснастку для входного контроля. При необходимости образец можно закрепить с помощью рычага;

Подключаем тестовые клипсы сигнатурного анализатора к соответствующим разъемам оснастки;

Для начала необходимо создать базу эталонных сигнатур, с которыми будет сравниваться вся партия (рис. 1.97).

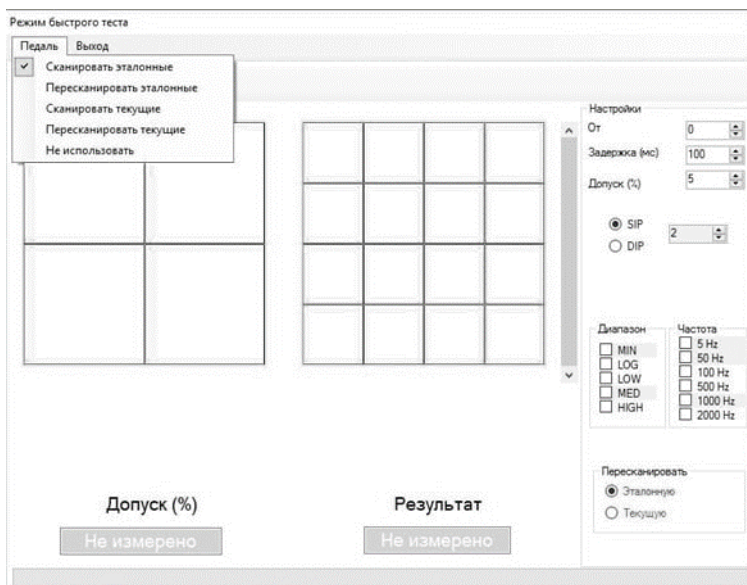


Рис. 1.97. Режим быстрого теста

Для этого необходимо установить работоспособный элемент и сохранить в базу его сигнатуру. Для этого необходимо выбрать в меню пункт «сканировать эталонные» и задать параметры измерения и нажать кнопку «Сканировать эталонную сигнатуру»;

После получения эталонной сигнатуры её необходимо добавить в базу сигнатур. Для этого необходимо нажать кнопку «Сохранить сигнатуру». Для последующей работы с данным элементом, его сигнатуру можно будет загрузить из базы сигнатур с помощью кнопки «Загрузить сигнатуры»;

После загрузки эталонной сигнатуры можно приступать к проверке партии элементов. Для этого устанавливаем проверяемый элемент в оснастку и нажимаем на кнопку «Сканировать текущую сигнатуру»;

В случае совпадения сигнатур тестируемого и эталонных элементов программа выдаст результат «Годен» (рис. 1.98);

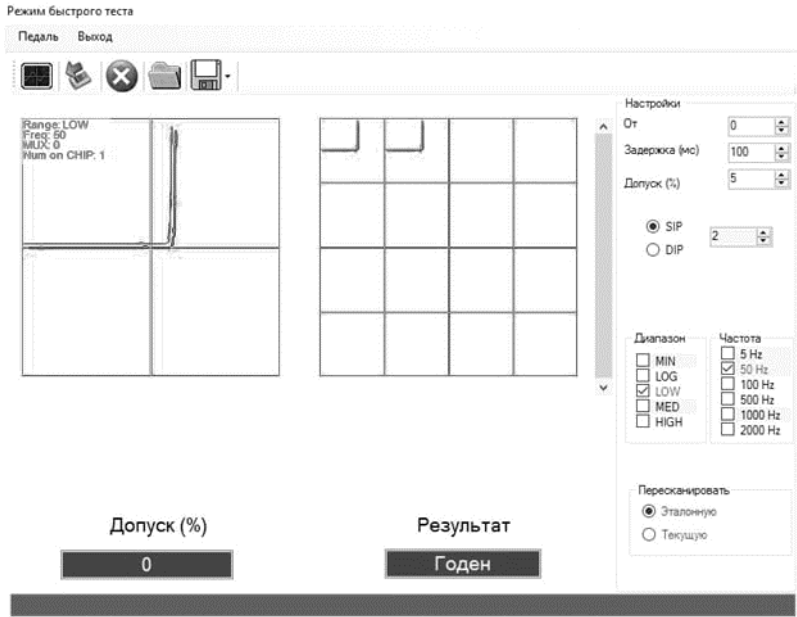


Рис. 1.98. Результат тестирования исправного элемента

При несовпадении сигнатур программа выведет результат «не годен» (рис. 1.99)

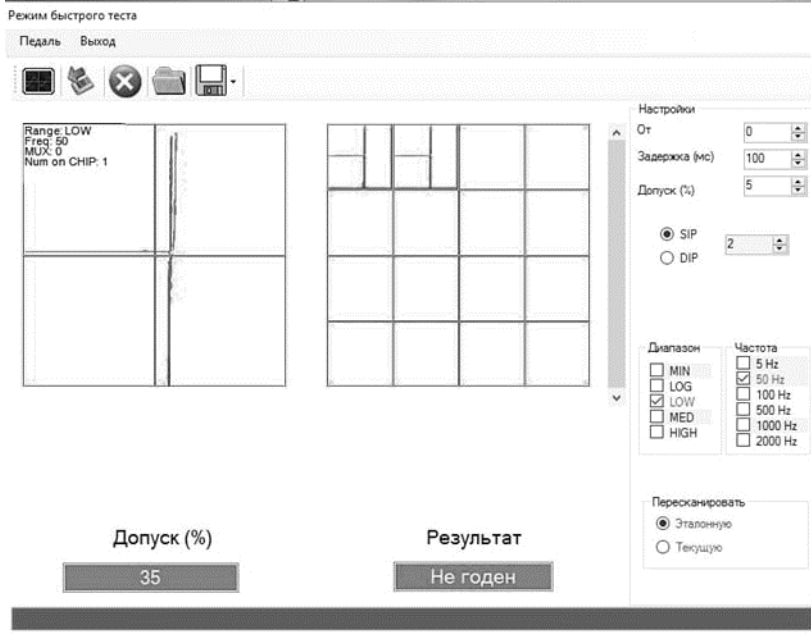


Рис. 1.99. Результат тестирования неисправного элемента

В данном случае была протестирована партия диодов 1N4148 и у одного из диодов была обнаружена неисправность – пробой. При пробое диод превращается в обычный проводник и свободно пропускает ток в прямом и обратном направлениях, что видно на его сигнатуре.

Практическая ценность предложенных инструментов состоит в том, что они позволяют сделать правильный выбор необходимых методов контроля и диагностики в зависимости от решаемых задач на предприятии и необходимого набора функций требуемой системы.

Рассмотренный подход к автоматизации анализа результатов входного контроля может быть использован на малых и средних предприятиях в качестве инструмента для визуализации результатов контроля и в качестве инструмента для принятия управленческих решений на основе обрабатываемых показателей качества ЭА.

Тесты к лекции 1.16

1. При тестировании работоспособности транзисторов наблюдают за изменением проводимости между...
 - а) коллектором и эмиттером;
 - б) базой и коллектором;
 - в) базой и эмиттером.
2. Что представляет собой сигнатура конденсатора?
 - а) эллипс;
 - б) горизонтальную прямую;
 - в) ломаную линию.
3. Какой метод контроля позволяет обнаружить места сверления базовых отверстий нижнего слоя?
 - а) рентгеновский;
 - б) оптический;
 - в) электрический.
4. Локализатор неисправностей предназначен для поиска неисправностей на...
 - а) компонентном уровне;
 - б) уровне модулей;
 - в) микронном уровне.
5. Сигнатура короткого замыкания и разрыва цепи имеют вид
 - а) вертикальной и горизонтальной прямых;
 - б) прямых под углом 45 и 135 градусов;
 - в) эллипсов, смещенных относительно вертикальной оси.