

Глава 3 Исследование переходных процессов в полупроводниковых электронных приборах

Цель проведения работ

Знание переходных процессов в полупроводниковых электронных приборах – диодах и транзисторах и их влияние на работоспособность этих приборов в импульсных устройствах.

Описание лабораторной установки

Для выполнения лабораторных работ, описанных в данной главе, необходимо использовать следующие модули лабораторного стенда: "Диоды", "Транзисторы", "Генератор импульсов", а также двухканальный осциллограф.

На рис... представлена лицевая панель модуля "Генератор импульсов", на которой изображены коммутирующие и регулирующие элементы:

- 1) выходы двух гальванически не связанных источников прямоугольных униполярных импульсов с амплитудой 20 В;
- 2) выход схемы синхронизации сигнала запуска осциллографа;
- 3) переключатель делителя 1:10 амплитуды выходных импульсов генератора;
- 4) ручки потенциометров регулировки амплитуды выходных импульсов;

Питание модуля осуществляется от источников сетевого переменного напряжения 220 В лабораторного стенда.

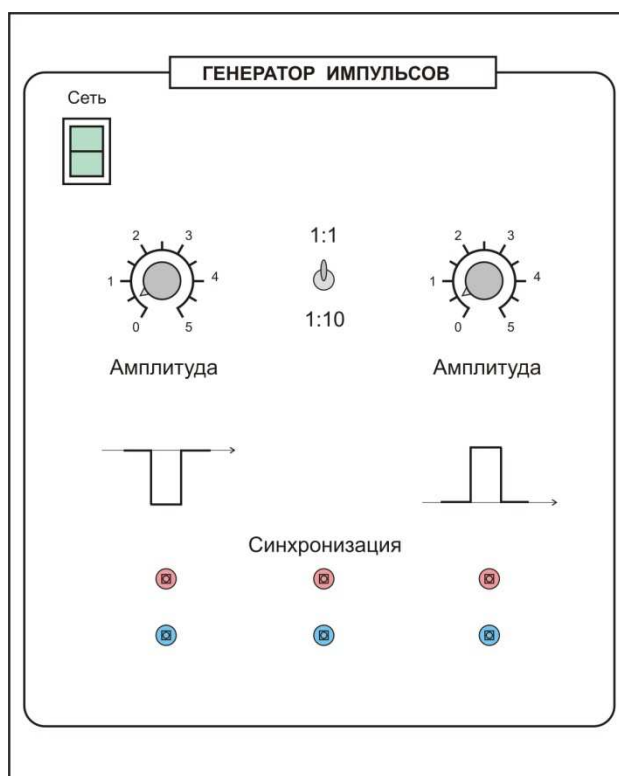


Рис. 2 Модуль "Генератор импульсов"

РАБОТА 4 РАБОТА ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА В РЕЖИМЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

Термины и обозначения:

Постоянное прямое напряжение на диоде.....	U_{np}
Постоянный прямой ток диода.....	I_{np}
Импульсное напряжение генератора.....	$u_{г}$
Импульсный ток диода.....	$i_{д}$
Импульсное напряжение на диоде.....	$u_{д}$
Время восстановления обратного сопротивления.....	$t_{вос}$
Заряд переключения.....	$Q_{пер}$

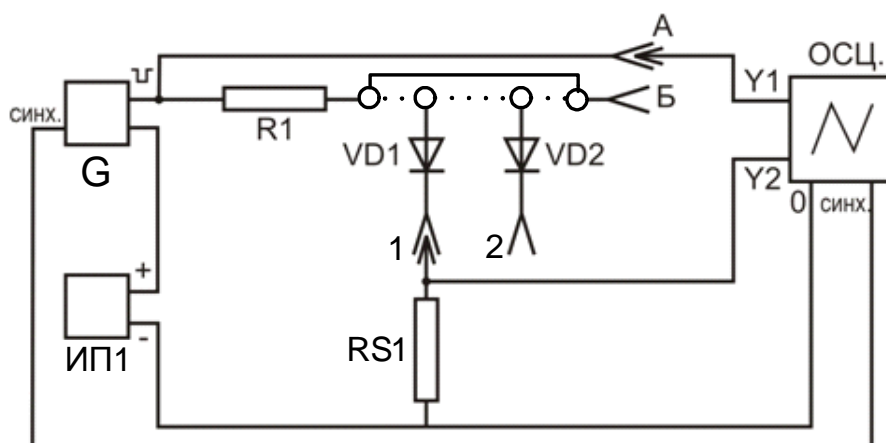
ПРОГРАММА предусматривает снятие осциллограмм тока и напряжения для двух диодов с разными импульсными свойствами при импульсном переключении напряжения с прямого на обратное.

Вопросы для подготовки к работе

1. Какие процессы протекают в диоде при импульсном переключении внешнего напряжения с прямого на обратное?
2. Каковы составляющие ёмкости р-п перехода и чем она отличается от обычной электростатической ёмкости?
3. Как влияет диффузионная и барьерная ёмкости на процесс восстановления обратного сопротивления диода?
4. Что такое время восстановления обратного сопротивления и заряд переключения диода?
5. Каковы параметры и особенности конструкции импульсных диодов?

Методика измерений

Схема измерительной цепи:



- G - генератор модуля "Генератор импульсов",
- ИП1 - источник питания 0 - 15 В модуля "Диоды",
- ОСЦ - двухканальный осциллограф,
- VD1, VD2 - исследуемые диоды,
- R1 - резистор 1 кОм,
- RS1 - резистор 100 Ом.

Используемые диоды модуля "Диоды" имеют следующие обозначения: VD1 - Д7Ж, VD2 – "импульсный диод".

Осциллограммы тока через диод i_D регистрируются по каналу Y2, осциллограммы импульсного напряжения генератора u_G - по каналу Y1 в точке А на схеме. Вход канала Y1 переключается в точку Б при измерении импульсного напряжения на диоде. Напряжение U_{np} подается на диод от источника питания "ИП1". Для переключения напряжения с прямого на обратное на диод от генератора G через ограничительный резистор R1 подаются прямоугольные импульсы отрицательной полярности. Длительность импульсов 20 мкс, частота следования 2 кГц. Резистор RS1 используется для измерения тока через исследуемый диод.

Порядок выполнения работы

Ознакомьтесь с мнемосхемой модуля "Диоды", а также с органами управления модуля "Генератор импульсов" и осциллографа. Определите места подключения канала осциллографа Y1 (точки А и Б). Подготовьте миллиметровую бумагу (один лист 210 x 300 мм). Рисунки осциллограмм должны быть расположены по вертикали в едином масштабе времени.

Переведите переключатель модуля "Питание стенда" во включенное состояние и убедитесь, что контрольная лампа "~ 220 В" этого модуля зажглась. Проверьте, что ручка потенциометра "ИП1" модуля "Диоды" находится в крайнем левом положении, тумблер полярности в положении "+". Включите тумблеры "Сеть" модулей "Диоды" и "Генератор импульсов", убедитесь в световой индикации тумблеров.

Выполните следующие измерения:

- подключите вход канала Y1 в точку А. Получите осциллограммы импульсов обратного напряжения и тока через выпрямительный диод VD1. Для канала Y2 проградуируйте вертикальную ось на шкале экрана осциллографа в единицах тока, протекающего через диод.

- установите фиксированное значение амплитуды импульса обратного напряжения u_{Γ} (5...10 В) и подберите значение прямого тока I_{np} , при котором импульс i_{δ} имеет участок насыщения. Зарисуйте осциллограммы. Включите в схему импульсный диод VD2, переставив разъем из гнезда 1 в гнездо 2 на модуле "Диоды". Зарисуйте импульс i_{δ} .

- восстановите схему с выпрямительным диодом. Получите три осциллограммы тока i_{δ} , соответствующие трем значениям I_{np} , каждый раз измеряя на экране I_{np} и время восстановления $t_{вос}$. Составьте таблицу значений $t_{вос}$ и I_{np} .

- установите фиксированное значение I_{np} (например, наибольшее из трех, выбранных в предыдущем пункте) и, увеличивая u_{Γ} , получите три осциллограммы тока i_{δ} соответствующие трем значениям u_{Γ} , каждый раз измеряя $t_{вос}$. Составьте таблицу значений $t_{вос}$ и u_{Γ} .

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ (по указанию преподавателя): подключите канал Y1 осциллографа к точке Б и получите импульс падения напряжения на диоде u_{δ} совместно с импульсом тока i_{δ} для выпрямительного диода VD1, при наибольшем значении I_{np} , из измеренного ранее.

Отметьте на экране положение нулевой линии ($u_o = 0$) переведя переключатели входных цепей каждого из каналов в среднее положение.

Зарисуйте осциллограммы. Включите в схему импульсный диод VD2 и также зарисуйте импульс u_o .

- восстановите на экране изображения импульсов генератора и тока диода.

После проведения всех измерений, переведите потенциометры модулей "Диоды" и "Генератор импульсов" в крайнее левое положение, после чего, выключите эти модули и модуль "Питание стенда".

Содержание отчета

Начертите схему измерительной цепи с пояснениями.

Приведите предельные параметры исследованных диодов.

Приложите полученные в лаборатории осциллограммы.

На осциллограмме i_o для выпрямительного диода укажите, каким образом определялось $t_{вос}$. На соответствующей осциллограмме u_o укажите часть интервала $t_{вос}$, в течение которого р-п переход остаётся смещённым в прямом направлении.

Пользуясь составленными в лаборатории таблицами, постройте графики $t_{вос} = f(I_{np})$ и $t_{вос} = f(u_{Г})$

Определите по осциллограмме i_o для выпрямительного диода заряд переключения $Q_{пер}$, накопленный в базе диода в результате инжекции при прямом смещении.

Проанализируйте результаты: например, объясните ход зависимостей $t_{вос}$ от I_{np} и $u_{Г}$, сопоставьте осциллограммы для выпрямительного и импульсного диодов, дайте пояснения к ним, перечислите особенности конструкции импульсных диодов, за счет которых они обладают высоким быстродействием; влияют ли на величину $t_{вос}$ элементы измерительной цепи (резисторы) и каким образом и т.д.

Литература

1. Гнучев Н.М. Электроника и схемотехника. Электронные приборы. Физические основы электроники. Издательство СПбПУ, 2013., с. 70-78.
- 2 Электронные приборы. Ред. Г.Г.Шишкин. - М: Энергоатомиздат, 1989, с. 75 - 82, 116 - 121.
3. Пасынков В.В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. – М: Высшая школа, 1987, с. 133 - 138, 148 - 150, 155.

РАБОТА 10 РАБОТА БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА В СХЕМЕ КЛЮЧА

Термины и обозначения

Ток коллектора.....	I_K
Ток базы.....	I_B
Импульсное напряжение генератора.....	u_r
Импульсное напряжение коллектор-эмиттер.....	$u_{КЭ}$
Постоянное напряжение источника питания в цепи коллектора.....	E_K
Сопротивление в цепи коллектора.....	R_K
Время задержки.....	$t_{зд}$
Время нарастания.....	$t_{НР}$
Время включения.....	$t_{ВКЛ}$
Время рассасывания.....	$t_{РАС}$
Время спада.....	$t_{СП}$
Время выключения.....	$t_{ВЫКЛ}$

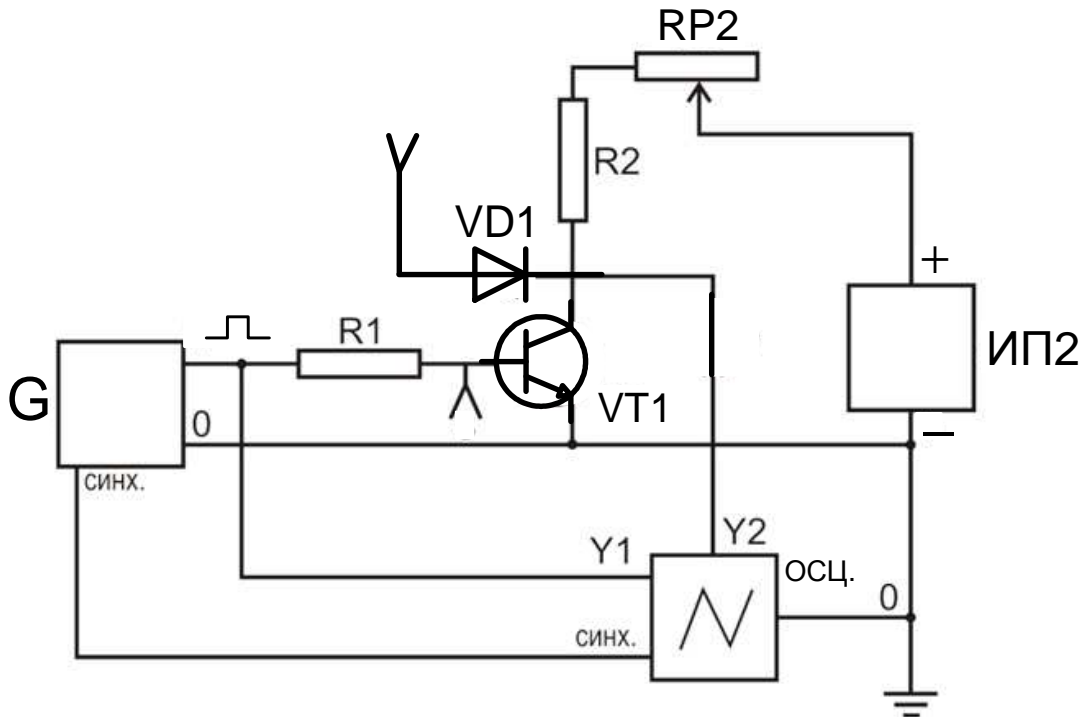
ПРОГРАММА РАБОТЫ предусматривает снятие осциллограмм входного и выходного импульсов в режимах малого и большого сигналов для низкочастотного БТ; изучение влияния сопротивления резистора в цепи коллектора и напряжения источника питания E_K на параметры выходного импульса, а также отслеживание его изменений при шунтировании коллекторного перехода диодом Шоттки.

Вопросы для подготовки к работе

1. В каких режимах может работать БТ? Чем эти режимы отличаются друг от друга?
2. В чем состоят особенности работы БТ в схеме ключа?
3. Как протекают процессы накопления и рассасывания избыточных неосновных носителей в базе БТ при его работе в ключевом режиме?
4. Каковы импульсные параметры БТ? От каких факторов зависит время рассасывания?
5. Какова функция диода Шоттки, включенного параллельно коллекторному переходу?
6. Каковы пути улучшения импульсных свойств БТ?

Методика измерений

Схема измерительной цепи:



G – генератор модуля "Генератор импульсов",

ИП2 – источник питания 0 – 20 В модуля "Транзисторы",

ОСЦ - двухканальный осциллограф,

VT1 - исследуемый транзистор (3DD13001),

VD1 - диод Шоттки,

R1, R2 – резисторы,

RP2 – потенциометр.

Осциллограммы входного и выходного импульсов ключевой схемы регистрируются по каналам Y1 и Y2 соответственно. Амплитуда входного импульса регулируется с помощью потенциометра импульсного генератора на стенде. Длительность импульса 20 мкс; частота следования 2 кГц.

Порядок выполнения работы

Ознакомьтесь с мнемосхемой модуля "Транзисторы", а также с органами управления модуля "Генератор импульсов" и осциллографа. Определите места подключения каналов осциллографа Y1 и Y2. Подготовьте миллиметровую бумагу (один лист 210 x 300 мм).

Рисунки осциллограмм должны быть расположены по вертикали в едином масштабе времени.

Переведите переключатель модуля "Питание стенда" во включенное состояние и убедитесь, что контрольная лампа " ~ 220 В" этого модуля зажглась. Проверьте, что ручки потенциометра "ИП2" модуля "Транзисторы" и модуля "Генератор импульсов" находятся в крайнем левом положении. Включите тумблеры "Сеть" этих модулей и убедитесь в световой индикации тумблеров.

Ознакомьтесь с исследуемым БТ. Установите величину $R_K = R_2 + RP_2 = 1500$ Ом и $E_K = 8 \dots 10$ В.

Выполните следующие измерения:

- получите на экране осциллографа изображение импульсов u_r и $u_{KЭ}$ при произвольной амплитуде импульса генератора. Выберите масштаб для u_r и $u_{KЭ}$ на координатных осях.

- изменяя амплитуду входного импульса и наблюдая за соответствующими изменениями импульса $u_{KЭ}$, определите и запишите наименьшее значение u_r , при котором транзистор переходит в режим насыщения ($u_{r.НАС}$).

- получите на экране осциллографа и зарисуйте осциллограммы u_r и $u_{KЭ}$ при двух значениях амплитуды входного импульса:

- $u_r < u_{r.НАС}$ (режим малого сигнала);

- $u_r > 3u_{r.НАС}$ (режим большого сигнала).

Проведите следующие измерения в режиме большого сигнала:

- зарисуйте осциллограмму импульса $u_{KЭ}$ при $R_K = R_2 = 500$ Ом (для этого следует установить $RP_2 = 0$), отметьте на осциллограммах значения тока коллектора I_K при $R_K = R_2 + RP_2 = 1500$ Ом и $R_K = R_2 = 500$ Ом.

- снизив напряжение E_K до 2В, зарисуйте импульс $u_{KЭ}$;

- при $E_K = 2$ В включите диод Шоттки параллельно переходу база-коллектор (для этого соедините перемычкой соответствующие гнезда на лицевой панели модуля). Зарисуйте выходной импульс.

Содержание отчета

Начертите схему измерительной цепи, дайте пояснения.

Приведите предельные параметры исследованного транзистора.

Приложите полученные в лаборатории осциллограммы.

Определите по осциллограмме для режима большого сигнала импульсные параметры БТ: времена задержки, нарастания, включения, рассасывания, спада и выключения.

Обозначьте границы этих временных параметров на осциллограмме выходного импульса.

Определите t_{PAC} по всем осциллограммам, полученным при различных значениях R_K .

Проанализируйте полученные результаты: например, поясните, в чем разница между режимами малого и большого сигнала, каковы причины изменения t_{PAC} при уменьшении величин R_K и E_K , а также при шунтировании коллекторного перехода диодом Шоттки.

Можно ли применять низкочастотные транзисторы в ключевых схемах, в каких случаях и т.д.

Литература

1. Пасынков В.В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. Изд 4. – М: Высшая школа, 1987, с.257-262; 340-342 (БТ с диодом Шоттки).
2. Электронные приборы. Ред. Г.Г.Шишкин. Изд. 4. - М: Энергоатомиздат, 1989, с. 191 - 197, 200.