

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

Л. А. БУШУЙ

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 621.382(075.32)
ББК 32.852.2 я 73
Б90

Рецензент
преподаватель Проходцев В. В.

Б90 **Бушуй, Л. А.**
Изучение полупроводниковых диодов: методические указания
к лабораторной работе /Л.А. Бушуй - Оренбург: ГОУ ОГУ,
2009.- 19 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторной работы «Изучение полупроводниковых диодов» по дисциплине «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты» для студентов второго курса специальности «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники».

Методические указания составлены с учетом Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов утвержденного 18.03.2002 Министерством образования Российской Федерации

ББК 32.843 я 73

© Бушуй Л. А., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение	
1 Теоретическая часть работы.....	4
1.1 Электронно-дырочный переход.....	4
1.2 Полупроводниковые диоды.....	5
1.3 Пробой диода.....	8
1.4 Типы диодов.....	8
1.5 Условные обозначения диодов	10
1.6 Неисправности диодов.....	13
1.7 Особенности монтажа и проверки на исправность полупроводниковых диодов.	15
1.8 Контрольные вопросы.....	17
2 Практическая часть работы.....	18
2.1 Содержание отчёта	18
2.2 Порядок выполнения отчёта.....	18
Список используемых источников.....	19

Введение

Учебное пособие может быть использовано преподавателями и студентами при проведении лабораторной работы «Изучение полупроводниковых диодов» раздела «Полупроводниковые материалы» дисциплины «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты», при подготовке студентов к тестированию и к экзаменам.

1 Теоретическая часть работы

К полупроводникам относят материалы, проводимость которых больше проводимости диэлектриков, но меньше проводимости проводников. Обычно это кристаллический материал с шириной запрещенной зоны от 0,5 эВ до 2 эВ. В радиоэлектронике в качестве полупроводников наиболее часто используются кремний, германий, арсенид галлия, селен и др. Химически чистые или *i-полупроводники* имеют небольшую собственную проводимость, обусловленную свободными электронами и дырками теплового происхождения.

Полупроводник *n*-типа — это полупроводник с преобладающей электронной проводимостью. Преобладающая электронная проводимость возникает при добавлении донорных примесей, например пятивалентных сурьмы, мышьяка и т. п. к четырехвалентному кремнию. Атом примеси легко ионизируется, добавляя электрон к электронам собственной проводимости.

Полупроводник *p*-типа возникает при добавлении к химически чистому полупроводнику акцепторных примесей, например, при добавлении трехвалентных бора, алюминия и др. к четырехвалентному кремнию. Атом примеси ионизируется, принимая электрон от соседнего атома основного полупроводника и создавая тем самым дырку в полупроводнике. Примесные полупроводники называются легированными.

1.1 Электронно-дырочный переход

При нормальной температуре практически все атомы примесей ионизируются и проводимость примесного полупроводника существенно возрастает. Отметим, что, несмотря на возникновение только одного типа проводимости: или *n*-, или *p*-типа, примесные полупроводники будут электрически нейтральны, так как заряды ионов скомпенсированы зарядами *основных* носителей заряда — электронов в *n*-области и дырок в *p*-области полупроводника. Дырки в *n*-полупроводнике или электроны в *p*-полупроводнике называют *неосновными* носителями зарядов.

Наибольшее применение нашли полупроводники, одна часть которых легирована акцепторными примесями, а другая — донорными. На рисунке 1 показан переход между двумя областями полупроводника с разными типами электропроводности называемый *электронно-дырочным* или *p-n-переходом*

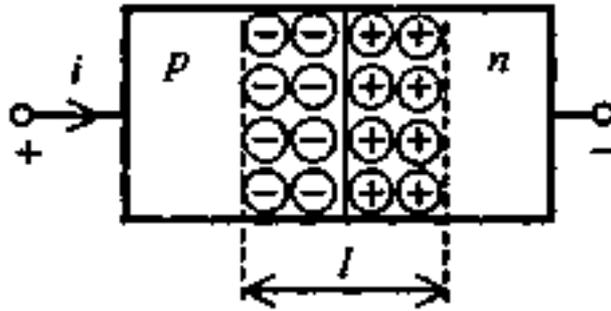


Рисунок 1 - Электронно-дырочный переход

После создания в полупроводнике p - и n -областей начинается *диффузионный ток* основных носителей заряда: дырок из p -области в n -область и электронов в обратном направлении. Диффундируя, электроны и дырки оставляют за собой соответственно положительно и отрицательно заряженные ионы примесей. Отметим, что эти ионы жестко закреплены в кристаллической решетке и перемещаться не могут. В n -области диффундирующие дырки рекомбинируют с электронами, резко уменьшая концентрацию электронов и дополнительно образуя нескомпенсированные положительные ионы. Аналогично в p -области диффундирующие электроны рекомбинируют с дырками, резко уменьшая концентрацию основных носителей заряда и дополнительно образуя нескомпенсированные отрицательные ионы.

Таким образом, вблизи границы p - и n -областей концентрация основных носителей заряда резко падает. Возникает обедненный носителями слой, где "обнажаются" не скомпенсированные отрицательные и положительные заряды акцепторных и донорных ионов. Ширина этого *обедненного слоя* для кремниевого перехода $l \approx 0,3$ мкм.

Появление противоположно заряженных ионов приводит к возникновению электрического поля в переходе. Это поле направлено так, что тормозит процессы диффузии. Возникшему электрическому полю соответствует контактная разность потенциалов φ_k . При температуре $T = 27$ °C для кремниевого перехода $\varphi_k \approx 0,8$ В.

Электрическое поле в переходе обуславливает появление *дрейфового тока* — тока неосновных носителей зарядов в переходе: дырки из n -области переносятся электрическим полем в p -область, а электроны из p -области затачиваются в n -область. Величина дрейфового тока мала, так как мала концентрация неосновных носителей заряда. В установившемся состоянии диффузионный ток будет равен дрейфовому току.

1.2 Полупроводниковые диоды

Диоды — приборы с одним p — n -переходом и двумя выводами, в которых используются свойства этого перехода.

Пусть к p - n -переходу подключен источник небольшого постоянного напряжения, причем плюс этого напряжения прикладывается к p -области, как

показано на рисунке 1. Электрическое поле, создаваемое этим источником, накладывается на внутреннее поле в р-п-переходе, созданное ионами примесей. Результирующее поле в переходе уменьшается. Возникает дополнительная диффузия основных носителей заряда. Диффузионный ток через переход становится больше дрейфового. Причем, чем больше прикладываемое напряжение, тем больше диффузионный ток через переход. Напряжение, при котором ток через р-п-переход быстро увеличивается, называется *прямым (открывающим) напряжением*. Возникающий при этом большой ток называется *прямым током*. Это показано на рисунке 2. Сопротивление р-п-перехода при подаче прямого напряжения резко уменьшается.

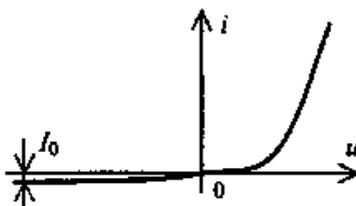


Рисунок 2 – Вольт-амперная характеристика перехода

Подключим к р-п-переходу источник постоянного напряжения, так чтобы минус этого напряжения прикладывался к р-области. Дополнительное электрическое поле, создаваемое источником, складывается с внутренним полем в р-п-переходе. Результирующее поле в переходе увеличивается. Диффузия основных носителей заряда уменьшается, а при дальнейшем увеличении приложенного напряжения почти полностью прекращается. Дрейфовый ток через переход незначительно увеличивается и становится больше диффузионного. Однако сопротивление перехода протекающему току остается увеличенным, так как концентрация неосновных носителей в полупроводнике мала и дрейфовый ток при прочих равных условиях много меньше прямого тока. Поданное напряжение называется *обратным (затворающим или закрывающим) напряжением*, а возникающий при этом небольшой ток называют *обратным током*, как показано на рисунке 2.

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) перехода представлена на рисунке 2. Из анализа ВАХ следует основное свойство р-п-перехода — односторонняя проводимость. При подаче прямого напряжения ток через переход возрастает по экспоненциальному закону. Обратный ток, возникающий при обратном напряжении, значительно меньше прямого и слабо зависит от величины обратного напряжения. При подаче на переход переменного напряжения через переход будет протекать в основном прямой ток. Поэтому р-п-переход называют *выпрямляющим* переходом.

Наличие в р-п-переходе и в областях, прилегающих к нему, зарядов: ионов, электронов и дырок, свидетельствует о том, что переход обладает емкостью. Различают барьерную и диффузионную емкости.

Барьерная емкость обусловлена наличием в обедненном слое противоположно заряженных ионов примесей показанных на рисунке 1. Два слоя положительно и отрицательно заряженных ионов соответствуют двум

заряженным "пластинами" конденсатора. Барьерная емкость играет основную роль при подаче обратного напряжения. При увеличении обратного напряжения основные носители зарядов оттесняются в глубь полупроводника электрическим полем р-п-перехода. При этом увеличивается ширина перехода и увеличивается среднее расстояние между "пластинами" конденсатора. Барьерная емкость уменьшается.

Диффузионная емкость C_d характеризует накопление неравновесного заряда, обусловленное диффузией электронов и дырок в глубь полупроводника за область р-п-перехода. Так как время жизни электронов и дырок до наступления рекомбинации конечно, то по обе стороны р-п-перехода появляются дополнительные, объемные заряды. Диффузионная емкость для малых переменных напряжений линейно увеличивается при увеличении прямого тока $I_{пр}$ через переход.

При прямом токе диффузионная емкость, как правило, больше барьерной емкости. Результирующая емкость перехода равна сумме барьерной и диффузионной емкостей.

Кроме р-п-перехода часто используется переход между металлом и п-полупроводником. В зависимости от используемых материалов этот переход может обладать односторонней проводимостью или иметь малое сопротивление. В первом случае выпрямляющий переход называют *переходом Шотки*. Во втором случае переход металл-полупроводник, имеющий малое сопротивление, называют *омическим*. Его используют для создания электрических выводов из полупроводниковых областей. При изготовлении полупроводниковых приборов используется большое количество других электрических переходов, образованных различными материалами. Все эти переходы будут или омическими, или выпрямляющими.

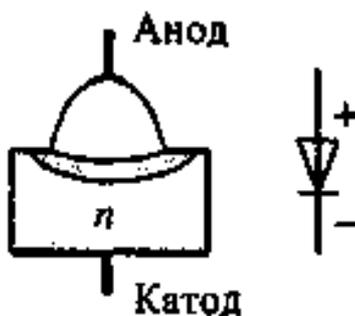


Рисунок 3 - Полупроводниковый диод

На основе выпрямляющих переходов изготавливаются полупроводниковые диоды. *Полупроводниковый диод* — это прибор с одним выпрямляющим переходом и двумя выводами. Наибольшее распространение получили диоды, использующие р-п-переход, показанные на рисунке 3. Электрод, подключенный к р-области, часто называют анодом, а электрод, соединенный с п-областью — катодом. На рисунке 3 показано условное обозначение полупроводникового диода и полярность прямого напряжения.

1.3 Пробой диода

Реальные вольт-амперные характеристики диода приведены на рисунке 4. Характерные особенности этих кривых следующие. Во-первых, при увеличении прямого напряжения экспоненциальное возрастание тока происходит только на начальном участке. В дальнейшем ток через диод увеличивается практически по линейному закону.

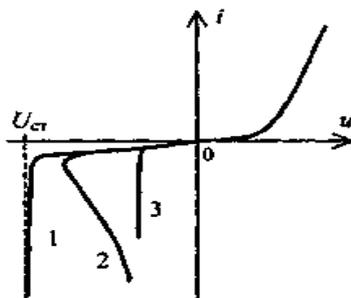


Рисунок 4 - Реальные вольт-амперные характеристики диода

Это объясняется наличием *объемных* сопротивлений *p*- и *n*-областей полупроводника, как показано на рисунке 3. Во-вторых, при большом обратном напряжении возникает резкий рост обратного тока через диод. Это явление называют *пробоем диода*. Различают *лавинный* 1, *тепловой* 2 и *туннельный* 3 пробой, показанные на рисунке 4.

Лавинный пробой возникает при большом обратном напряжении $U_{ст}$, создающем в переходе увеличенную напряженность электрического поля. В таком поле свободный электрон ускоряется и приобретает большую кинетическую энергию, достаточную для "выбивания" из атомов нескольких электронов. Появившиеся электроны, ускоряясь, выбивают новые электроны и т. д. Развивается лавинный процесс увеличения числа электронов и, соответственно, увеличения обратного тока через диод.

Тепловой пробой возникает вследствие разогрева *p-n*-перехода. При этом резко возрастает число неосновных носителей, что увеличивает обратный ток и вызывает дополнительное увеличение температуры перехода.

Туннельный пробой обуславливается туннельным эффектом, возникающим в сильнолегированных, тонких *p-n*-переходах, внутри которых велика напряженность электрического поля и высока вероятность туннельного перехода. Как правило, только тепловой пробой вызывает необратимые изменения параметров диода. Лавинный и туннельный пробой не разрушают *p-n*-переход, если они не сопровождаются тепловым пробоем.

1.4 Типы диодов

Стабилитрон — полупроводниковый диод, вольт-амперная характеристика которого имеет участок лавинного пробоя. Стабилитроны широко используются в источниках питания для получения стабильных

выходных напряжений. Например, они используются в источниках питания компьютеров для создания высокостабильных напряжений питания микропроцессоров, микросхем на материнской плате, устройств внешней памяти и т. п.

Рабочий режим стабилитрона обеспечивается подачей на диод не прямого, а обратного напряжения.

Варикап — полупроводниковый диод, в котором используется зависимость барьерной емкости р-п-перехода от обратного напряжения

Варикап в электрических схемах, приемниках и передатчиках используется как конденсатор с изменяемой емкостью. В отличие от обычных диодов, емкость которых тоже изменяется при изменении обратного напряжения, варикапы имеют гарантированный и увеличенный диапазон изменения емкости. Для уменьшения потерь варикапы имеют малые объемные сопротивления р- и n-областей полупроводника и увеличенное сопротивление при обратном постоянном напряжении.

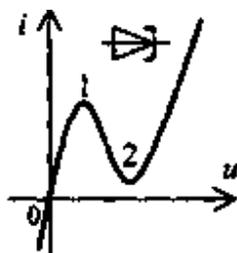


Рисунок 5 - вольт-амперная характеристика туннельного диода

Туннельный диод — это полупроводниковый прибор, вольт-амперная характеристика которого при прямом напряжении имеет падающий участок 1-2, как показано на рисунке 5. Наличие такого участка объясняется возникновением туннельного эффекта.

Диоды, использующие выпрямляющий переход металл-полупроводник, называются **диодами Шотки**. Эти диоды обладают увеличенным быстродействием и широко используются при изготовлении интегральных схем. Технология их изготовления хорошо совмещается с современной технологией изготовления микросхем средней и большой степени интеграции.

Выпрямительные диоды предназначены для выпрямления переменного тока. Они используются в источниках питания компьютеров и другой радиоэлектронной аппаратуры. Выпрямительные диоды обеспечивают большую величину прямого тока и выдерживают повышенные обратные напряжения. К быстродействию выпрямительных диодов, как правило, жестких требований не предъявляется, так как они работают в основном на промышленной частоте 50 Гц.

Высокочастотные диоды работают при воздействии высокочастотных сигналов и поэтому имеют малые емкости р-п-перехода. Эти диоды используются в радиоприемной и радиопередающей аппаратуре.

Импульсные диоды предназначены для работы с быстро изменяющимися импульсными сигналами. Такие диоды применяются в компьютерах, в мониторах и

телевизорах, в радиолокационных передатчиках и приемниках. Эти диоды должны иметь малые емкости, а также выдерживать большие прямые импульсные токи и увеличенные обратные импульсные напряжения.

Совокупность постоянных токов и напряжений на диоде **определяет режим диода по постоянному току**. Соответствующая режиму по постоянному току точка на ВАХ диода называется *рабочей точкой*.

Совокупность переменных токов и напряжений на диоде определяет **режим диода по переменному току**. Если амплитуды переменных напряжений меньше 0,1 вольта, то между малыми переменными токами и напряжениями на диоде существует практически линейная зависимость. Сопротивления, емкости и индуктивности нелинейных элементов для малых переменных токов называются **дифференциальными или динамическими**.

Из анализа вольт-амперных характеристик диодов следует, что нелинейность этих характеристик проявляется в рабочих диапазонах токов и напряжений при $U_m > 0,1$ В. В этом случае диоды относятся к *нелинейным элементам*. Для расчета цепей с диодами при воздействии сигналов с большими амплитудами необходимо использовать нелинейную эквивалентную схему. Сопротивление и емкости в нелинейных эквивалентных схемах не постоянны. Они существенно зависят от переменных напряжений и токов. Нелинейные эквивалентные схемы диодов используются в программах машинного моделирования при анализе режимов, как по постоянному, так и по переменному токам при воздействии сигналов с большими амплитудами.

1.5 Условные обозначения диодов

В зависимости от назначения полупроводниковые диоды подразделяют на выпрямительные, универсальные, импульсные, стабилитроны и стабисторы, туннельные и обращенные диоды, светодиоды и фотодиоды. Их условные обозначения складываются из пяти элементов.

Первый элемент - буква или цифра, обозначающая исходный полупроводниковый материал:

Г или 1 - германий или его соединения;

К или 2 - кремний или его соединения;

А или 3 - соединения галлия;

И или 4 -индий или его соединения.

Второй элемент - буква, указывающая класс прибора:

Д- выпрямительные и импульсные диоды, магнитодиоды, термодиоды;

Ц - выпрямительные столбы и блоки;

А - сверхвысокочастотные диоды;

В - варикапы;

С - стабилитроны и стабисторы;

Л - излучающие приборы;

Ф - фотоприборы;

Н - диодные тиристоры;

У - триодные тиристоры;

О - оптроны и т. д.

Третий элемент - цифра (или буква для оптопар), указывающая назначение и качественные свойства диода.

Четвертый элемент - число, обозначающее порядковый номер разработки (для стабилизаторов и стабисторов - напряжение стабилизации).

Пятый элемент - буква русского алфавита, указывающая разновидность класса диода по параметрическим группам.

В системе условных обозначений полупроводниковых диодов могут применяться дополнительные элементы:

буква **С** после второго элемента - для набора в одном корпусе нескольких однотипных элементов;

цифра через дефис после пятого элемента - для бескорпусных приборов

1 - гибкие выводы без подложки,

2 - гибкие выводы с подложкой,

3 - жесткие выводы без подложки,

4 - жесткие выводы с подложкой,

5 - с контактными площадками без подложки и без выводов,

6 - с контактными площадками с подложкой и без выводов;

буквы после последнего элемента

Р - для диодов с парным подбором,

Г - с подбором в четверки,

К - с подбором в шестерки.

Может встречаться более старая система условных обозначений полупроводниковых диодов, состоящая из трех элементов:

первый - буква **Д**, что означает диод;

второй - число, обозначающее тип диода (например, от 1 до 100 - точечные германиевые, 100-200 - точечные кремниевые и т.д.);

третий - буква русского алфавита, указывающая разновидности диодов по параметрической группе.

Примеры цветовой маркировки приведены на рисунках 6,7,8.

Диоды. Цветовая маркировка по европейской системе PRO ELECTRON				
Цвет полосы (точки)	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	4-й элемент
Золотой				
Серебряный				
Черный	AA	X		0
Коричневый			1	1
Красный	BA	S	2	2
Оранжевый			3	3
Желтый		T	4	4
Зеленый		V	5	5
Голубой		W	6	6
Фиолетовый			7	7
Серый		Y	8	8
Белый		Z	9	9

Пример обозначения	
ВАТ85	

--

Рисунок 6 – Цветовая маркировка диодов

Стабилитроны. Цветовая маркировка по системе JIS-C-7012 (Япония)		
Цвет полосы (точки)	1-й элемент	2-й элемент
Золотой		
Серебряный		
Черный		0
Коричневый	1	1
Красный	2	2
Оранжевый	3	3
Желтый	4	4
Зеленый	5	5
Голубой	6	6
Фиолетовый	7	7
Серый	8	8
Белый	9	9

Пример обозначения	
10 В	
Двойной второй элемент указывает на запятую между цифрами	
7,5 В	
	
3,9 В	
	

Рисунок 7 – Цветовая маркировка стабилитронов

Диоды и стабилитроны. Цветовая маркировка по системе JEDEC (США)					
Цвет полосы (точки)	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	4-й элемент	5-й элемент
Золотой					
Серебряный					
Черный	0	0	0	0	-
Коричневый	1	1	1	1	A
Красный	2	2	2	2	B
Оранжевый	3	3	3	3	C
Желтый	4	4	4	4	D
Зеленый	5	5	5	5	E
Голубой	6	6	6	6	F
Фиолетовый	7	7	7	7	G
Серый	8	8	8	8	H
Белый	9	9	9	9	I

Пример обозначения	
1N66	
1N237A	
1N1420G	

Рисунок 8 – Цветовая маркировка диодов и стабилитронов

Отсчет колец начинается с широкой полосы. Черная широкая полоса указывает на катод диода. Если широкая полоса не черная, то прибор является стабилитроном.

1.6 Неисправности диодов

Диоды в радиоэлектронных устройствах используются для выпрямления (детектирования) напряжения, защиты транзисторов (микросхем) от перегрузок по входу, коммутаций напряжений, преобразования частоты. Работоспособность диода можно проверить при помощи омметра, соединив положительный щуп с анодом, а отрицательный - с катодом диода, что соответствует прямому включению. Сопротивление диода при этом мало (десятки Ом). При подключении диода в обратном направлении его сопротивление велико (сотни кОм).

Если проводить контроль работоспособности диода в составе модуля, когда через диод протекает электрический ток, то при измерении падения напряжения на нем можно получить следующие результаты: у работоспособных германиевых диодов между анодом и катодом вольтметр покажет напряжение от 0,3 В до 0,4 В, а у кремниевых от 0,6 В до 0,7 В.

Основными неисправностями в диодах являются короткие замыкания, обрывы и изменения параметров под напряжением.

Если диод короткозамкнут, то омметр покажет в прямом и обратном включениях низкое, близкое к нулю, сопротивление. При обрыве омметр в обоих направлениях покажет большое сопротивление (близкое к бесконечности)

1.7 Особенности монтажа и проверки на исправность полупроводниковых диодов

При электрическом монтаже (демонтаже) полупроводниковых диодов необходимо соблюдать общие требования к электрическому монтажу и демонтажу радиоэлементов. В стандартах, ТУ на каждый тип диода указываются особенности их монтажа. При монтаже и демонтаже диодов соблюдают следующие правила: пайка должна быть кратковременной (не более 5 с); температурный режим пайки должен соответствовать рекомендациям для диодов данного типа; при пайке следует применять припой с низкой температурой плавления; исключать перегрев диода, используя теплоотвод между корпусом и местом пайки (например, пинцет); при формовке выводов расстояние от корпуса диода до места изгиба вывода должно быть не менее 2 мм; необходимо соблюдать цоколевку выводов диода.

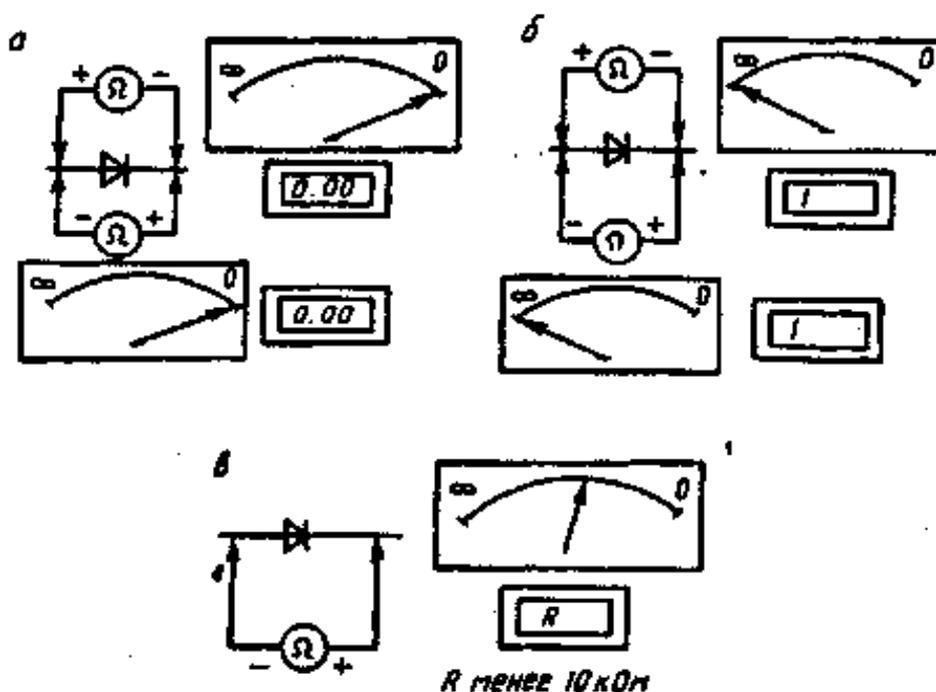
К неисправностям диода относятся: пробой p - n -перехода; обрыв выводов диода; большой ток утечки; пробой p - n -перехода или утечка, появляющиеся под напряжением.

Проверка диода на исправность предусматривает обнаружение одного из перечисленных дефектов. Сначала вывод о возможных неисправностях диода делают, анализируя работу проверяемой схемы. Вторым шагом является проверка самого полупроводникового диода. При проверке диодов чаще всего используют комбинированные приборы (тестеры) и измеряют сопротивление p - n -перехода в обоих направлениях. Такое измерение позволяет установить ряд дефектов диода: пробой p - n -перехода, обрыв выводов, большой ток утечки.

На рисунке 6 приведены показания омметра (в составе тестера) при перечисленных выше дефектах.

При исправном диоде прямые сопротивления имеют значения от 20 Ом до 100 Ом (для кремниевых точечных диодов от 150 Ом до 500 Ом), а обратные - более 10 кОм - 100 кОм. При этом прямое и обратное сопротивления зависят от типа диода. Показания омметра при исправных диодах приведены на рисунке 9.

Следует учитывать особенности проверки диодов с помощью омметра: диод должен быть выпаян из схемы для исключения шунтирования *p-n*-перехода другими элементами схемы; проверка омметром не позволяет выявлять пробой *p-n*-перехода диода или утечку под напряжением, так как напряжения питания омметра может быть недостаточно для определения этого пробоя или утечки; у диода с периодическим обрывом *p-n*-перехода после подключения к его выводам щупов измерительного прибора может временно восстанавливаться нормальная работа *p-n*-перехода



а - при пробое *p-n*-перехода; б - при обрыве выводов; в - при большом токе утечки

Рисунок 9 - Показания омметра при проверке выпрямительных, импульсных диодов, стабилитронов:

Проверка варикапов с помощью омметра имеет свои особенности. Прямое сопротивление варикапов составляет от 1 кОм до 2 кОм. При его измерении последовательно включается резистор с номинальным сопротивлением 1 кОм, а напряжение питания тестера не должно превышать 4,5 В. Обратное сопротивление варикапа больше 1 МОм, и напряжение питания тестера не должно превышать 28 В. Показания омметра при

исправном варикапе приведены на рисунках 10, 11.

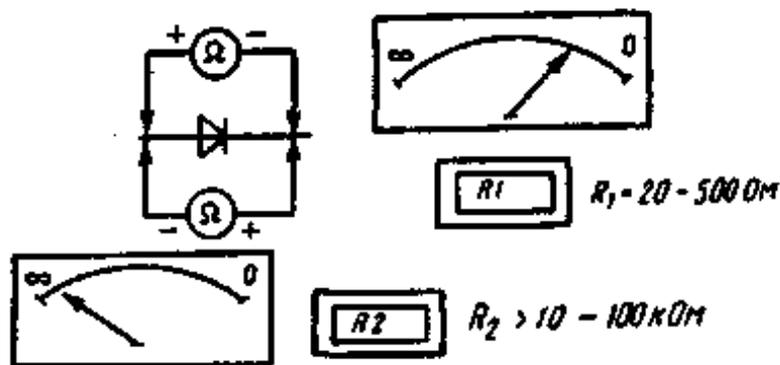


Рисунок 10 - Показания омметра при исправных полупроводниковых диодах (выпрямительных, импульсных, стабилитронах)

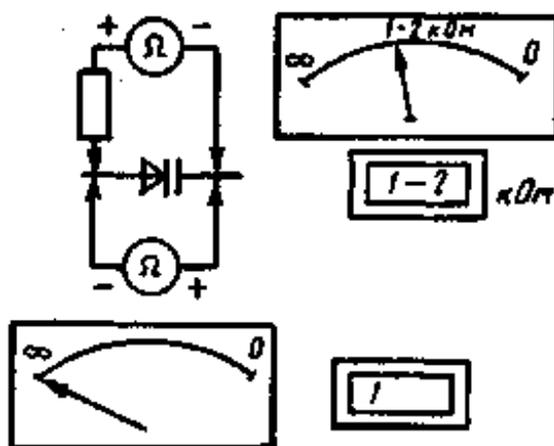


Рисунок 11 Показания омметра при проверке исправного варикапа

1.8 Контрольные вопросы

- 1 Какие материалы относят к полупроводниковым?
- 2 Когда возникает электронная проводимость полупроводника?
- 3 Когда возникает дырочная проводимость полупроводника?
- 4 Какие заряды в области n-типа и p-типа называют основными?
- 5 Какие заряды в области n-типа и p-типа называют неосновными?
- 6 Что называют p-n-переходом?
- 7 Какой ток называют током дрейфа?
- 8 Какой ток называют током диффузии?
- 9 Как работает диод при прямом включении?
- 10 Как работает диод при обратном включении?

- 11 Какой переход называют переходом Шотке?
- 12 Какой переход называют омическим переходом?
- 13 Какие бывают виды пробоя диодов?
- 14 Дайте характеристику различным типам диодов.

2 Практическая часть работы

Тема работы: Диоды

Цель работы: Ознакомиться с классификацией, основными параметрами, обозначением, маркировкой, видами, условиями монтажа и эксплуатации, неисправностями, подбором и заменой диодов

2.1 Оборудование:

- 1) набор диодов;
- 2) методические рекомендации;
- 3) измерительные приборы
- 4) справочные пособия.

2.2 Содержание отчёта:

- 1) тема работы;
- 2) цель работы;
- 3) оборудование;
- 4) эскизы диодов;
- 5) ответы на контрольные вопросы.

2.3 Порядок выполнения работы:

- 1) ознакомиться с теоретическим материалом о диодах;
- 2) зарисовать различные виды диодов из набора;
- 3) научиться определять по маркировке виды и параметры диодов с помощью справочников;
- 4) научиться определять неисправности диодов с помощью измерительных приборов
- 5) оформить отчет и защитить работу.

Список использованных источников

- 1 **Хабаров, Б.П.** Техническая диагностика и ремонт бытовой радиоэлектронной аппаратуры: учебное пособие / Б.П. Хабаров, Г.В. Куликов, А.А. Парамонов, под общей редакцией Г.В. Куликова. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 376 с.: ил
- 2 **Миссюль, П.И.** Техническое обслуживание и ремонт бытовой радиоаппаратуры / П.И. Миссюль – Минск: Высшая школа, 2002. – 320 с.: ил.
- 3 **Ярочкина, Г.В.** Радиоэлектронная аппаратура и приборы. Монтаж и регулировка / Г.В. Ярочкина – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.: ил.
- 4 **Гусев, В.Г.** Электроника / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев – М.: Высшая школа, 2004. -621с.: ил.
- 5 **Фрумкин, Г.Д.** Расчет и конструирование радиоаппаратуры / Г.Д. Фрумкин – М.: Высшая школа, 2002 -462с.: ил.
- 6 **Кучумов, А.И.** Электроника и схемотехника: учебное пособие / А.И. Кучумов, 3-е изд – М.: Гелиос АРВ, 2005 – 366с.: ил.