АННОТАЦИЯ

В представленном реферате рассмотрены основные вопросы связанные с диодами их свойствами и их видами.

Рис.: 2.Табл. 0, Библ.: 3 назв.

СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
| --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ………………………………………………………………………. | 4 |
| 1. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ ………………………………………… | 5 |
| 1.1 Общие сведения о полупроводниковых диодах…………………………….. | 5 |
| 1.2 Рабочий интервал температур………………………………………………. | 6 |
| 1.3 Допустимое обратное напряжении………………………………………….. | 7 |
| 1.4 Допустимый выпрямленный ток…………………………………………….. | 8 |
| 1.5 Предельно допустимая мощность рассеивания…………………………….. | 8 |
| 2. ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ………………………………………………. | 9 |
| 2.1 Высокочастотные полупроводниковые диоды……………………………… | 12 |
| 2.2 Туннельные диоды……………………………………………………………. | 13 |
| 2.3 Стабилитроны…………………………………………………………………. | 15 |
| 2.4 Варикапы………………………………………………………………………. | 18 |
| 3. НАХОЖДЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ОБРАТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА ПРОБОЯ …………………………………………………………………. | 20 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ…………………………………………………………………….. | 21 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……………………….. | 22 |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

ВВЕДЕНИЕ

Полупроводниковый диод представляет собой двухэлектродный прибор, действие которого основано на использовании электрических свойств p-n перехода или контакта металл-полупроводник. К этим свойствам относятся: односторонняя проводимость, нелинейность вольтамперной характеристики, наличие участка вольтамперной характеристики, обладающего отрицательным сопротивлением, резкое возрастание обратного тока при электрическом пробое, существование емкости p-n перехода. В зависимости от того, какое из свойств p-n  перехода используется, полупроводниковые диоды могут быть применены для целей выпрямления, детектирования, преобразования, усиления и генерирования электрических колебаний, а также для стабилизации напряжения в цепях постоянного тока и в качестве переменных реактивных элементов.

1. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

1.1 Общие сведения о полупроводниковых диодах.

Полупроводниковый диод (ПД) представляет собой двухэлектродный прибор, действие которого основано на использовании электрических свойств p-n перехода или контакта металл-полупроводник. К этим свойствам относятся: односторонняя проводимость, нелинейность вольтамперной характеристики, наличие участка вольтамперной характеристики, обладающего отрицательным сопротивлением, резкое возрастание обратного тока при электрическом пробое, существование емкости p-n перехода. В зависимости от того, какое из свойств p-n  перехода используется, полупроводниковые диоды могут быть применены для целей выпрямления, детектирования, преобразования, усиления и генерирования электрических колебаний, а также для стабилизации напряжения в цепях постоянного тока и в качестве переменных реактивных элементов.

В большинстве случаев ПД отличается от симметричного p-n перехода тем, что p- область диода имеет значительно большее количество примесей, чем n- область (несимметричный p-n переход ), т.е. . В этом случае n- область носит название базы диода. При подаче на такой переход обратного напряжения ток насыщения будет состоять почти только из потока дырок из базы в p- область и будет иметь меньшую величину, чем  для симметричного перехода. При подаче прямого напряжения прямой ток тоже почти полностью будет состоять из потока дырок из p- области в базу и уже при небольших прямых напряжениях будет возрастать экспоненциально (уравнение в/а характеристики p-n перехода имеет вид:

Применение ПД для тех или иных целей определяет требования, предъявляемые к его характеристикам, к величинам преобразуемых мощностей, токов и напряжений. Эти требования могут быть удовлетворены с помощью соответствующего выбора материала, из которого изготовляется диод, технологией изготовления p-n перехода и конструкцией диода. В соответствии с этим ПД разделяются ряд основных типовых групп. Существующая классификация подразделяет ПД следующим образом:

- по назначению (выпрямительные, детекторные, преобразовательные, стабилитроны, варикапы и др.);

- по частотным свойствам (низкочастотные, высокочастотные, СВЧ);

- по типу перехода (плоскостные, точечные);

 по исходному материалу (германиевые, кремниевые, арсенид-галлиевые и т.д.);

Кроме того существует разделение ПД внутри одной группы в соответствии с электрическими параметрами. Кроме специфических параметров, характеризующих данную типовую группу, существуют параметры общие для всех ПД независимо от их специального назначения. К ним относятся: рабочий интервал температур, допустимое обратное напряжение, допустимый выпрямленный ток, допустимая мощность рассеивания.

### 1.2 Рабочий интервал температур.

При повышении температуры растет собственная электропроводность проводника (увеличивается генерация пар носителей заряда электрон-дырка), растет ток насыщения и растет вероятность пробоя p-n перехода.

Максимально допустимая температура перехода тем больше, чем шире запрещенная зона полупроводника. Так для германиевых диодов допустимый интервал температур окружающей среды лежит в пределах , а для кремниевых в пределах . При понижении температуры увеличивается сопротивление диода как прямое, так и обратное, а также появляется вероятность механических повреждений кристалла из-за увеличивающейся хрупкости.


### 1.3 Допустимое обратное напряжение

Обычно за допустимое обратное напряжение принимается величина:

где  - напряжение, при котором возникает пробой p-n перехода.

Значение  зависит от температуры и от удельного сопротивления полупроводника . Последнее объясняется тем, что напряженность поля p-n перехода, а значит и напряжение пробоя зависят от ширины перехода, которая в свою очередь зависит от концентрации примесей, т.е. от удельного сопротивления полупроводника. Так как p-n переход тем шире, чем больше удельное сопротивление полупроводника, то и  будет тем больше, чем больше удельное сопротивление исходного материала.

Если требуется получить большое выпрямленное напряжение, при котором к диоду будет приложено обратное напряжение большее, чем допустимое, применяют последовательное включение диодов. Так как величины обратных сопротивлений диодов не одинаковы, то обратные напряжения при последовательном включении распределяются между диодами неравномерно и диод, имеющий большее обратное сопротивление, может быть пробит. Во избежание этого каждый из последовательно включенных диодов шунтируют сопротивлением такой величины, чтобы распределение напряжений на диодах в основном определялось этими сопротивлениями.

### 1.4 Допустимый выпрямленный ток

Так как при протекании тока возрастает температура перехода, то величина допустимого тока ограничивается допустимой температурой перехода. Для того, чтобы получить выпрямленный ток больше допустимой величины, можно включить несколько диодов параллельно. Так как диоды обладают разным прямым сопротивлением, то токи распределяются равномерно и может оказаться, что ток, протекающий через диод с наименьшим сопротивлением, превысит допустимое значение. Во избежание этого последовательно с каждым из диодов включается сопротивление.

### 1.5 Предельно допустимая мощность рассеивания

Предельно допустимая мощность рассеивания зависит от конструкции диода, так и от температуры окружающей среды, т.е. от условий охлаждения.

Очевидно, что рабочие режимы в схемах надо выбирать так, чтобы:

где  I  - ток, протекающий через диод,

U - напряжение, приложенное к диоду.

##

## 2. ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ

Выпрямительные ПД применяются для преобразования переменного тока низкой частоты (до 50кГц) в ток одного направления (выпрямление переменного тока). Обычно рабочие частоты выпрямительных ПД малой и средней мощности не превышают 20 кГц, а диодов большой мощности - 50 Гц. Возможность применения p-n перехода для целей выпрямления обусловлено его свойством проводить ток в одном направлении (ток насыщения очень мал).

В связи с применением выпрямительных диодов к их характеристикам и параметрам предъявляются следующие требования:

- малый обратный ток;

- большое обратное напряжение;

- большой прямой ток;

- малое падение напряжения при протекании прямого тока.

Для того, чтобы обеспечить эти требования, выпрямительные диоды выполняются из полупроводниковых материалов с большой шириной запрещенной зоны, что уменьшает обратный ток, и большим удельным сопротивлением, что увеличивает допустимое обратное напряжение. Для получения в прямом направлении больших токов и малых падений напряжения следует увеличивать площадь p-n перехода и уменьшать толщину базы. Выпрямительные диоды изготавливаются из германия (Ge) и кремния (Si) с большим удельным сопротивлением, причем Si является наиболее перспективным материалом. Кремниевые диоды, в результате того, что Si имеет большую ширину запрещенной зоны, имеют во много раз меньшие обратные токи, но большее прямое падение напряжения, т.е. при равной мощности отдаваемой в нагрузку, потеря энергии у кремниевых диодов будет больше. Кремниевые диоды имеют большие обратные напряжения и большие плотности тока в прямом направлении.

Зависимость вольтамперной характеристики кремниевого диода от температуры показана на рис.2.. Из рисунка 2. следует, что ход прямой ветви вольтамперных характеристик при изменении температуры изменяется незначительно. Это объясняется тем, что концентрация основных носителей заряда при изменении температуры практически почти не изменяется, т.к. примесные атомы ионизированы уже при комнатной температуре.Количество неосновных носителей заряда определяется температурой и поэтому ход обратной ветви вольтамперной характеристики сильно зависит от температуры, причем эта зависимость резко выражена для гермениевых диодов. Величина напряжения пробоя тоже зависит от температуры. Эта зависимость определяется видом пробоя p-n перехода. При электрическом пробое за счет ударной ионизации  возрастает при повышении температуры. Это объясняется тем, что при повышении температуры увеличиваются тепловые колебания решетки, уменьшается длина свободного пробега носителей заряда и для того, чтобы носитель заряда приобрел энергию достаточную для ионизации валентных связей, надо повысить напряженность поля, т.е. увеличить приложенное к p-n переходу обратное напряжение. При тепловом пробое  при повышении температуры уменьшается.

Рис.2 Вольтамперная характеристика

##

## 2.1 Высокочастотные полупроводниковые диоды.

В высокочастотных полупроводниковых диодах так же, как и в выпрямительных диодах, используется несимметричная проводимость p-n перехода.

Они работают на более высоких частотах, чем выпрямительные диоды (до сотен Мгц), и подразделяются на универсальные и импульсные. Универсальные в.ч. диоды применяются для получения высокочастотных колебаний тока одного направления, для получения из модулированных по амплитуде в.ч. колебаний - колебаний с частотой модуляции (детектирование), для преобразования частоты. Импульсные диоды применяются как переключающий  элемент в импульсных схемах.

При работе ПД на высокой частоте большую роль играет емкость перехода, обусловливающая инерционность диода. Если диод включен в выпрямительную схему, то влияние емкости приводит к ухудшению процесса выпрямления

Кроме того, эффективность выпрямления снижается за счет того, что часть подведенного к p-n переходу внешнего напряжения падает на сопротивлении базы диода. Отсюда следует, что p-n переходы полупроводниковых диодов, работающих на высокой частоте должны обладать малой емкостью и малым сопротивлением базы . Для уменьшения емкости уменьшают площадь перехода, а для уменьшения сопротивления базы уменьшают толщину базы. Требования уменьшения инерционных свойств в.ч. диода и, в связи с этим уменьшения площади перехода, времени жизни неравновесных неосновных носителей заряда и толщины базы становится особенно важным в том случае, если диод работает в импульсной схеме в качестве переключателя. Переключатель имеет два состояния: открытое и закрытое. В идеальном случае переключатель должен иметь нулевое сопротивление в открытом состоянии, бесконечно большое - в закрытом, и мгновенно переходить из одного состояния в другое. В реальном случае при переключении в.ч. диода из закрытого состояния в открытое и обратно стационарное состояние устанавливается в течении некоторого времени, которое называется временем переключения и характеризует инерционные свойства диода. Наличие инерционных свойств при быстром переключении приводит к искажению формы переключаемых импульсов.

При изготовлении импульсных диодов в исходный полупроводник вводятся элементы, являющиеся эффективными центрами рекомбинации (Au, Cu, Ni ), что снижает время жизни неравновесных носителей заряда. Толщина n- области (базы) уменьшается до значений меньших, чем значение диффузионной длины пробега дырок Zр. Это одновременно уменьшает и время жизни неравновесных носителей и сопротивление базы. Конструктивно в.ч. диоды выполняются в виде точечной конструкции или плоскостной с очень малой площадью перехода.

## 2.2 Туннельные диоды.

Туннельные диоды выполняются из полупроводников с большим количеством примесей (вырожденные полупроводники). Вольтамперная характеристика p-n перехода, выполненного на основе вырожденных полупроводников, имеет область с отрицательным сопротивлением, на котором при увеличении напряжения протекающий ток уменьшается. Элемент, обладающий отрицательным сопротивлением, не потребляет электрическую энергию, а отдает ее в цепь, т.е. является активным элементом цепи. Наличие падающего участка вольтмаперной характеристики позволяет применять туннельные диоды в качестве генераторов и усилителей электрических колебаний широкого диапазона частот, включая СВЧ, и в качестве высокоскоростных переключателей.

Туннельные диоды выполняются из вырожденных полупроводников, главным образом из германия, кремния и арсенида галлия. Т.к. для туннельного перехода носителей сквозь потенциальный барьер p-n переход должен быть узким и резким, то p-n переходы туннельного диода изготавливают методом вплавления. Кроме того, применяется метод эпитаксильного наращивания вырожденных слоев, который также позволяет получить резкие переходы. Для уменьшения емкости (а, следовательно, для повышения верхней граничной частоты, на которой туннельный диод может работать как активный элемент с отрицательным сопротивлением) применяется метод получения p-n переходов малой площади.

Основным параметром, характеризующим вольтамперную характеристику туннельного диода, является отрицательное дифференциальное сопротивление, характеризующее наклон падающего участка :

Т. к. туннельное прохождениеэлектронов сквозь потенциальный барьер перехода не связано с медленным процессом диффузии, то скорость передачи туннельного тока очень велика (порядка  сек для сильно легированного германия) и в туннельных диодах отсутствует инерционность за счет малой подвижности носителей. Поэтому частотные свойства туннельных диодов определяются не скоростью передачи тока, а только факторами, зависящими от конструкции: емкостью p-n перехода С, сопротивлением потерь , обусловленным объемным сопротивлением полупроводника и выводов, и суммарной индуктивностью диода . Частотные свойства туннельного диода характеризуются максимальной частотой

На частотах выше  туннельный диод уже нельзя использовать в качестве отрицательного сопротивления, т.е. генерирование и усиление электрических колебаний на этих частотах невозможно. Кроме того, качество туннельного диода на высоких частотах оценивается отношением , которое иногда называется фактором добротности.

При работе туннельного диода в переключающих схемах его быстродействие характеризуется величиной времени переключения, зависящим и от свойств диода и от параметров схемы.


##

## 2.3 Стабилитроны

Обратная ветвь в/а характеристики, показанной на рис.2.1а, т.е. явление пробоя p-n перехода, можно использовать для целей стабилизации напряжения, пользуясь тем обстоятельством, что до тех пор пока пробой носит электрический характер характеристика пробоя полностью обратима. Полупроводниковые диоды, служащие для стабилизации напряжения, называются стабилитронами.

Как видно из характеристики, в области пробоя незначительные изменения обратного напряжения приводят к резким изменениям величины обратного тока. Предположим, что диод, имеющий такую характеристику, включен в простейшую схему, показанную на рис.2.1б, причем рабочая точка находится в той области в/а характеристики, где при изменении тока напряжение практически остается постоянным.

В этом случае, если изменяется входное напряжение U, то изменяется ток в цепи, но т.к. напряжение на диоде при изменении тока остается постоянным (изменяется сопротивление диода), то и напряжение в точках а,б - постоянно. Если параллельно к диоду к точкам а,б подключить сопротивление нагрузки, то напряжение на нагрузке тоже не изменится.

Рис. 2.1 а ВАХ стабилитрона, б принципиальная схема стабилитрона напряжения

Стабилитроны изготовляются из кремния. Это связано с тем, что в стабилитронах может быть использована только электрическая форма пробоя, которая является обратимой. Если пробой перейдет в необратимую тепловую форму, то прибор выйдет из строя. Поэтому величина обратного тока  в стабилитронах ограничена допустимой мощностью рассеивания.

Т.к. ширина запрещенной зоны кремния больше, чем у германия, то для него электрическая форма пробоя перейдет в тепловую при больших значениях обратного тока - отсюда целесообразность выполнения стабилитронов из кремния. Степень легирования кремния, т.е. величина его удельного сопротивления , зависит от величины стабилизируемого напряжения, на которое изготовляется диод. Стабилитроны для стабилизации низких напряжений изготовляются из кремния с малым удельным сопротивлением; чем выше стабилизируемое напряжение, тем из более высокоомного материала выполняется диод. Изменение стабилизируемого напряжения от нескольких вольт до десятков вольт может быть достигнуто изменением удельного сопротивления кремния.

Основным параметром стабилитронов является напряжение стабилизации и температурный коэффициент напряжения ТКН, характеризующий изменение напряжения на стабилитроне  при изменении температуры на , при постоянном токе.

ТКН может принимать как положительные, так и отрицательные значения в зависимости от влияния температуры на напряжение пробоя . Для низковольтных стабилитронов, которые выполняются из низкоомных полупроводников, пробой имеет туннельный характер, а т.к. вероятность туннельного перехода электронов возрастает с увеличением температуры, т.е.  падает, то низковольтные стабилитроны имеют отрицательный ТКН. В p-n переходах высоковольтных стабилитронов, которые выполняются из высокоомных полупроводников, происходит пробой за счет ударной ионизации и U пробоя растет с повышением температуры, т.к. тепловые колебания решетки уменьшают длину свободного пробега носителей заряда и для того, чтобы они приобрели кинетическую энергию, нужную для ионизации валентных связей, надо повысить напряженность поля перехода.

Для высокоомных стабилитронов ТКН - положителен.

где U- напряжение на диоде, T- температура.

##

## 2.4 Варикапы.

Действие варикапов основано на использовании емкостных свойств р-п перехода.

Обычно используется зависимость величины барьерной емкости от напряжения в области обратных напряжений. В общем виде зависимость величины зарядной емкости от напряжения имеет вид;

где А - постоянная, - высота потенциального барьера, U - внешнее напряжение,

- для резких переходов,

- для плавных переходов.

Варикапы могут быть использованы для различных целей как  конденсаторы с переменной емкостью. Иногда их используют в параметрических усилителях. В принципе работы параметрического усилителя лежит частичная компенсация потерь в колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивности L и конденсатора C, при периодическом изменении емкости конденсатора или индуктивности катушки (при условии, что изменение будет происходить в определенных количественных и фазовых соотношениях с частотой колебаний контура). В этом случае увеличение мощности электрических колебаний (сигнала) происходит за счет энергии того источника, который будет периодически изменять величину реактивного параметра. В качестве такого переменного реактивного параметра и используется варикап, емкость которого меняется в результате воздействия гармонического напряжения подаваемого от специального генератора накачки. Если с помощью варикапа и генератора накачки полностью скомпенсировать все потери контура, т.е. довести его до состояния самовозбуждения, то такая система носит название параметрического генератора.

Очевидно, что в качестве управляемой емкости может работать любой полупроводниковый диод, при условии, что величина его зарядной емкости достаточно велика. К специальным параметрическим диодам, работающим в параметрических усилителях на высоких и сверхвысоких частотах, предъявляются повышенные требования : они должны обладать сильной зависимостью емкости от напряжения и малым значением сопротивлением базы  для повышения максимальной рабочей частоты.

3. НАХОЖДЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ОБРАТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА ПРОБОЯ

Таблица 1

Данные для решения задачи

|  |  |
| --- | --- |
| Величина  | Значение  |
|  | 510 Ом |
|  | 100 В |
|  | 400В |
|  | 400мА |

Нахождение тока номинального среднего:

 (3.1)

Согласно уравнению (3.1)

Нахождение обратного напряжения:

=3.14 (3.2)

Согласно уравнению (3.2)

=3.14 · 100 = 314 В

Нахождение максимального обратного напряжения:

=3 (3.3)

Согласно уравнению (3.3)

= 314 · 1.3 = 408.2 В

Нахождение тока пробоя:

=+0.66 (3.4)

Согласно уравнению (3.4)

= 0.2 + 0.66 = 0.86 А

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном реферате я рассмотрел вопросы касающиеся диодов, варикапов, стабилитронов рассмотрел их свойства, характеристики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долженко О. В.,Королев Г. В. Сборник задач, вопросов и упражнений по радиоэлектронике: [ Текст]/ – М., «Высшая школа», 1986. – 103 с.

2. Моисеев А. С. Радиоэлектроника: [ Текст]/ – М.: 1991. – 110с.

3. Иноземцев А. В. Современная радиотехника: [ Текст]/ – М.: Россия, 2003. – 154с.