

Лекция №7

Полупроводниковые диоды. Основные типы диодов, их параметры и характеристики, применение.

Semiconductor diodes. Main types of diodes, their parameters and characteristics, application



Устройство диода

Diode device

- Диод - это электронный прибор, который пропускает через себя ток только в одном направлении
 - Он работает благодаря:
 1. Термоэлектронной эмиссии (ламповый диод)
 2. Явление p-n переход (полупроводниковый диод)
-
- *A diode is an electronic device that passes current only in one direction*
 - *It works thanks to:*
 1. *Thermionic emission (tube diode)*
 2. *The phenomenon of p-n transition (diode circuit)*



Диод состоит из следующих основных элементов:

- **Корпус.** Выполняется в виде вакуумного баллона, материалом которого может быть керамика, металл, стекло и другие прочные материалы.
- **Катод.** Он расположен внутри баллона, служит для образования эмиссии электронов. Наиболее простым устройством катода является тонкая нить, раскаляющаяся в процессе действия.
- **Подогреватель.** Это особый элемент в виде нити, раскаляющейся от электрического тока. Подогреватель расположен внутри косвенно накаляющегося катода.
- **Анод.** Это второй электрод диода, служащий для приема электронов, вылетевших от катода. Анод имеет положительный потенциал, по сравнению с катодом.
- **Кристалл.** Его материалом изготовления является германий или кремний. Одна часть кристалла имеет р-тип с недостатком электронов. Другая часть кристалла имеет n-тип проводимости с избытком электронов.



The diode consists of the following main elements:

- ***Housing.*** *It is made in the form of a vacuum cylinder, the material of which can be ceramics, metal, glass and other durable materials.*
- ***Cathode.*** *It is located inside the balloon and serves for the formation of electron emission. The simplest device of the cathode is a thin thread, which is heated during the action.*
- ***Heater.*** *This is a special element in the form of a thread that is heated by an electric current. The heater is located inside of the indirectly heating up the cathode.*
- ***Anode.*** *This is the second electrode of the diode, which serves to receive electrons that have escaped from the cathode. The anode has a positive potential compared to the cathode.*
- ***Crystal.*** *Its manufacturing material is germanium or silicon. One part of the crystal has a p-type with a lack of electrons. The other part of the crystal has an n-type conductivity with an excess of electrons.*



Виды диодов по частотному диапазону

- По рабочей частоте диоды делятся на:
- Низкочастотные – до 1 кГц.
- Высокочастотные и **сверхвысокочастотные**– до 600 мГц. На таких частотах в основном используются устройства точечного исполнения. Емкость перехода должна быть невысокой – не более 1-2 пФ. Эффективны в широком диапазоне частот, в том числе низкочастотном, поэтому являются универсальными.
- **Импульсные диоды** используются в цепях, в которых принципиальным фактором является высокое быстродействие. По технологии изготовления такие модели разделяют на точечные, сплавные, сварные, диффузные.



Types of diodes by frequency range

- *According to the operating frequency, diodes are divided into:*
 - *Low – frequency-up to 1 kHz.*
 - *High-frequency and ultra – high-frequency-up to 600 MHz. At these frequencies, point-to-point devices are mainly used. The junction capacity should be low – no more than 1-2 pF. They are effective in a wide range of frequencies, including low-frequency, so they are universal.*
 - *Pulsed diodes are used in circuits where high performance is a fundamental factor. According to the manufacturing technology, such models are divided into point, alloy, welded, and diffuse.*



Виды диодов по типу конструкции

Types of diodes by design type

- **Стабилитроны (диоды Зенера)**

Эти устройства способны сохранять рабочие характеристики в режиме электрического пробоя. В низковольтных устройствах (напряжение до 5,7 В) используется туннельный пробой, в высоковольтных – лавинный. Стабилизацию невысоких напряжений обеспечивают стабисторы.

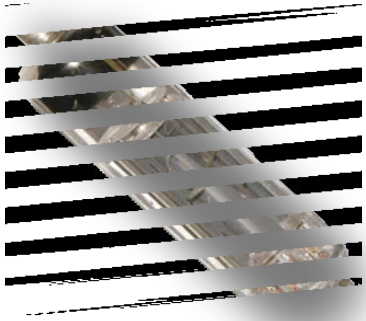
- ***Zener diodes (Zener diodes)***

These devices are capable of maintaining performance in electrical breakdown mode. In low – voltage devices (voltage up to 5.7 V), tunnel breakdown is used, in high-voltage devices- avalanche breakdown. Stabilization low voltage provide stabistor.



Электровакuumный диод

Electrovacuum diode



- Электровакuumный диод - вакуумная двухэлектродная электронная лампа. Катод диода нагревается до температур, при которых возникает *термоэлектронная эмиссия*. При подаче на анод отрицательного относительно катода напряжения все эмитированные катодом электроны возвращаются на катод, при подаче на анод положительного напряжения часть эмитированных электронов устремляется к аноду, формируя его ток. Таким образом, диод выпрямляет приложенное к нему напряжение.

- *An electrovacuum diode is a vacuum two-electrode electronic lamp. The cathode of the diode is heated to temperatures at which thermoelectric emission occurs. When a negative voltage is applied to the anode relative to the cathode, all the electrons emitted by the cathode return to the cathode; when a positive voltage is applied to the anode, a part of the emitted electrons rushes to the anode, forming its current. In this way, the diode straightens the voltage applied to it.*



Полупроводниковый диод

Semiconductor diode

- Полупроводниковый диод — электронный прибор, изготовленный из полупроводникового материала, имеющий два электрических вывода (электрода).
- В отличие от других типов диодов, например, вакуумных, принцип действия полупроводниковых диодов основывается на различных физических явлениях переноса зарядов в твердотельном полупроводнике и взаимодействии их с электромагнитным полем в полупроводнике.

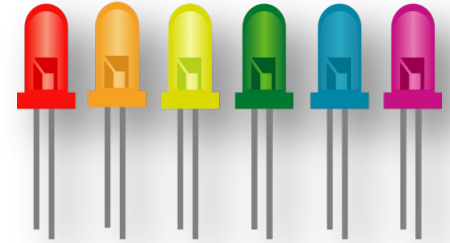


- A **semiconductor diode** is an electronic device made of a semiconductor material that has two electrical outputs (electrodes).
- Unlike other types of diodes, such as vacuum diodes, the principle of operation of semiconductor diodes is based on various physical phenomena of charge transfer in a solid-state semiconductor and their interaction with the electromagnetic field in a semiconductor.



Светодиод

Light-emitting diode



- Светодиод или светоизлучающий диод - полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.



- *An led or light-emitting diode is a semiconductor device with an electron-hole junction that creates optical radiation when an electric current passes through it in a forward direction.*



- **Стабисторы**

Стабистор, или нормистор, – это полупроводниковый диод, в котором для стабилизации напряжения используется прямая ветвь вольт-амперной характеристики (то есть в области прямого смещения напряжение на стабисторе слабо зависит от тока). Отличительной особенностью стабисторов по сравнению со стабилитронами является меньшее напряжение стабилизации (примерно 0,7-2 V).

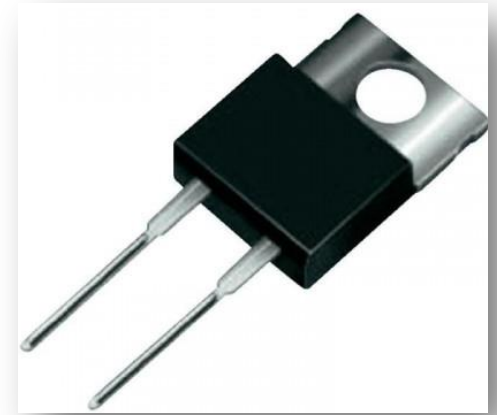


- ***Stabistors***

Stabistor, or dormitor, is a semiconductor diode in which voltage regulation is direct branch of current-voltage characteristics (i.e., in the region of the forward bias voltage stabistor depends weakly on current). A distinctive feature of stabilizers in comparison with Zener diodes is a lower stabilization voltage (approximately 0.7-2 V).

• Диоды Шоттки

Устройства, применяемые в качестве выпрямительных, умножительных, настроечных, работают на базе контакта металл-полупроводник. Конструктивно они представляют собой пластины из низкоомного кремния, на которые наносится высокоомная пленка с тем же типом проводимости. На пленку вакуумным способом напыляется металлический слой.

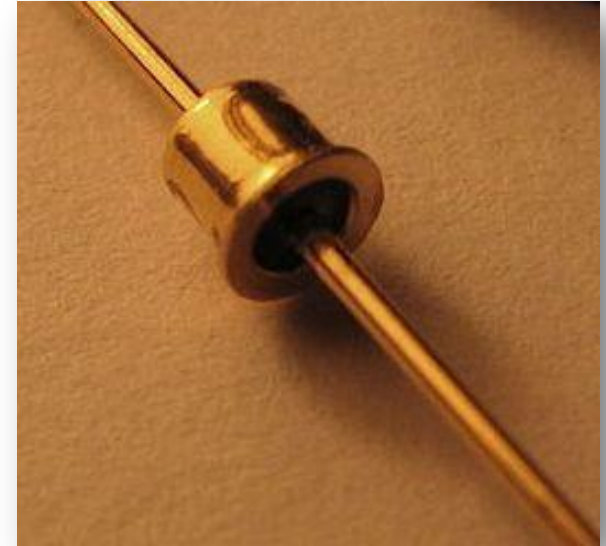


• *Schottky diode*

Devices used as rectifiers, multipliers, and tuners operate on the basis of a metal-semiconductor contact. Structurally, they are plates made of low-resistance silicon, on which a high-resistance film with the same type of conductivity is applied. A metal layer is vacuum-sprayed onto the film.

• Туннельные диоды

Эти полупроводниковые диоды имеют падающий участок на вольтамперной характеристике, возникающий из-за туннельного эффекта. Модификация туннельного устройства – обращенный диод, в котором ветвь отрицательного сопротивления выражена мало или отсутствует. Обратная ветвь обращенного диода соответствует прямой ветви традиционного диодного устройства.



• *Tunnel diode*

These semiconductor diodes have an incident section on the current-voltage characteristic that occurs due to the tunnel effect. A modification of the tunnel device is a reversed diode in which the negative resistance branch is expressed little or no. The reverse branch of a reversed diode corresponds to the forward branch of a traditional diode device.

- **Варикапы**

Варикапы выполняют функции емкости, величина которой меняется с изменением напряжения. Основная характеристика этого прибора – вольт-фарадная.

- **Varicaps**

Varicaps serve as capacitance, the value of which changes with voltage changes. The main characteristic of this device is volt-Faraday.

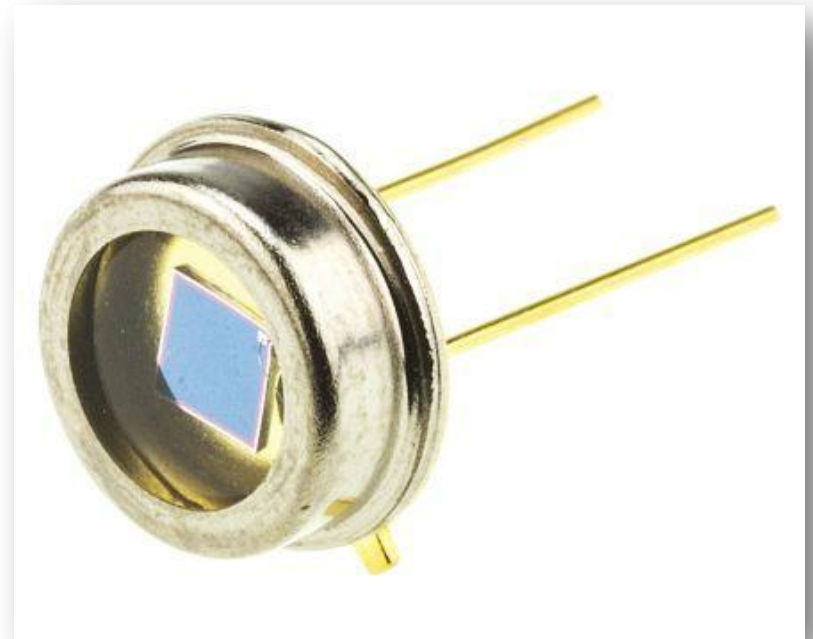


- **Фотодиоды**

Предназначены для преобразования световой энергии в электрический сигнал. По принципу работы аналогичны солнечным батареям.

- ***Photodiodes***

Designed to convert light energy into an electrical signal. The principle of operation is similar to solar panels.



Виды диодов

По размерам и характеру р-n перехода различают три вида приборов - плоскостные, точечные и микросплавные.

- **Плоскостные детали** представляют одну полупроводниковую пластину, в которой имеются две области с различной примесной проводимостью. Преимущества таких моделей – возможность эксплуатации при значительных прямых токах, в условиях высокой влажности. Их главные области применения – выпрямители переменного тока, устанавливаемые в блоках питания. Эти модели называются выпрямительными.
- **Точечные диоды** имеют крайне малую площадь р-n перехода и приспособлены для работы с малыми токами. Называются высокочастотными, поскольку используются в основном для преобразования модулированных колебаний значительной частоты.
- **Микросплавные** модели получают путем сплавления монокристаллов полупроводников р-типа и n-типа. По принципу действия такие приборы – плоскостные, но по характеристикам они аналогичны точечным.



Types of diodes

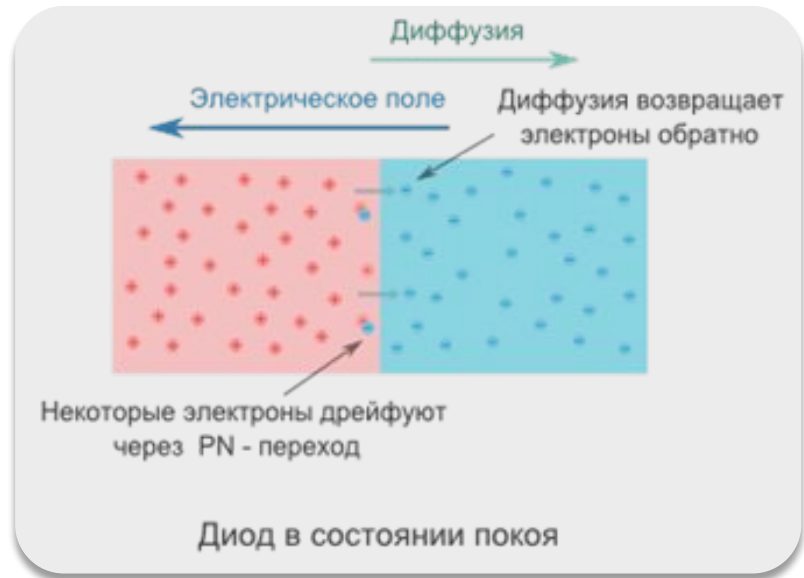
- *According to the size and nature of the p-n junction, there are three types of devices - planar, point, and microalloy.*
- ***Planar** parts represent a single semiconductor plate, which has two regions with different impurity conductivity. The advantages of such models are the ability to operate at significant direct currents, in high humidity conditions. Their main applications are the AC rectifiers installed in the power supply. These models are called rectifiers.*
- ***Point** diodes have an extremely small p-n junction area and are adapted to work with low currents. They are called high-frequency, because they are used mainly for converting modulated vibrations of a significant frequency.*
- ***Microalloy** models are obtained by fusing single crystals of p-type and n-type semiconductors. According to the principle of operation, such devices are planar, but they are similar in characteristics to point devices.*



Принцип работы

Р-N переход в состоянии покоя

Даже если Р-N переход, в данном случае диод, никуда не подключен, все равно внутри него происходят интересные физические процессы, которые показаны на рисунке.



В области N имеется избыток электронов, она несет в себе отрицательный заряд, а в области P заряд положительный. Вместе эти заряды образуют электрическое поле.

Если для большинства потребителей электроэнергии направление тока роли не играет, - лампочка светится, плитка греется, то для диода направление тока играет огромную роль. Основная функция диода проводить ток в одном направлении. Именно это свойство и обеспечивается Р-N переходом.



Principle of operation

The P-N junction at rest

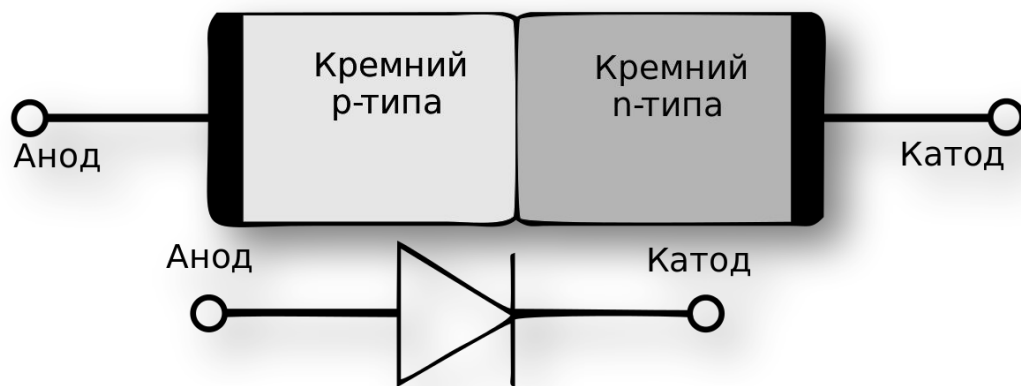
- Even if the P-N junction, in this case the diode, is not connected anywhere, interesting physical processes are still going on inside it, which are shown in the figure.*
- In the region N there is an excess of electrons, it carries a negative charge, and in the region P the charge is positive. Together, these charges form an electric field.*
- If for the majority of electricity consumers the current direction does not play a role - the light bulb glows, the tile is heated, then for the diode the current direction plays a huge role. The main function of a diode is to conduct current in one direction. This property is provided by the P-N transition.*



Характеристики и особенности

Characteristics and features

- Самым простым по конструкции в семействе полупроводников являются диоды, имеющие в конструкции всего два электрода, между которыми существует проводимость электрического тока в одну сторону. Такой вид проводимости в полупроводниках создается благодаря их внутреннему устройству.



- The simplest design in the family of semiconductors are diodes, which have only two electrodes in the design, between which there is a conductivity of electric current in one direction. This type of conductivity in semiconductors is created due to their internal structure.*

Применение диодов

Application of diodes

- Диоды являются полупроводниковыми приборами, пропускающими ток только в одну сторону. Это свойство диодов находит применение в источниках питания для выпрямления переменного напряжения. Практически ни один блок питания не может без них обойтись.
- *Diodes are semiconductor devices that pass current only in one direction. This property of diodes is used in power sources for rectification of AC voltage. Almost no power supply can do without them.*



| Слово | Транскрипция | Перевод |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| переход | 'dʒʌŋkʃn | junction |
| полупроводник | 'semɪkəndʌktər | semiconductor |
| проводимость | kən'dʌkʃn | conduction |
| вольт-амперная характеристика | vəʊlt-'am,pɪr ,kærəktə'rɪstɪk | volt-ampere characteristic |
| электрон | ɪ'lektɹɑ:n | electron |
| запирающий слой | 'bæɪəɹ 'leɪəɹ | barrier layer |
| область | fi:ld | field |
| обратное напряжение | ɪ'vɜ:rs 'vəʊltɪdʒ | reverse voltage |
| прямое напряжение | 'fɔ:rwərd 'vəʊltɪdʒ | forward voltage |
| дырки | həʊls | holes |
| направление | ru:t | route |
| замыкание | 'lɑ:kɪŋ | locking |
| интегральная микросхема | 'ɪntɪgreɪtɪd 'sɜ:rkɪt | integrated circuit |
| цепь транзистора | træn'zɪstər tʃeɪn | transistor chain |
| концентрация | ,kɑ:nsn'treɪʃn | concentration |