

Группа 15. Физика

Дата: 27.06.2020

Урок № 113

Тип урока: комбинированный урок

Тема урока:

Электрический ток через контакт полупроводников р- и п- типов.

Полупроводниковый диод.

Цели урока:

Предметные:

- объяснить механизм прохождения электрического тока через контакт полупроводников р и п типов;
- рассмотреть прямой и обратный переход;
- изучить устройство и принцип действия полупроводникового диода.

Развивающая:

- развитие логического мышления, смекалки; формирование интереса к физическому эксперименту;
- активизация творческого мышления учащихся; умение анализировать, делать выводы.

Воспитывающая:

- воспитать интерес к физике для познаваемости мира и объективности наших знаний о нем.

Деятельностная:

- формирование у студентов способностей к самостоятельному построению новых способов действия на основе метода рефлексивной самоорганизации.

Образовательная:

- расширение понятийной базы по учебному предмету за счет включения в нее новых элементов.

Задание:

Ознакомиться с текстом по теме занятия. Написать в тетради краткий конспект. Ответить на контрольные вопросы, желательно в программе Word.

План конспекта:

- 1) Повторение
 - 2) Контакт полупроводников п- и р-типов
 - 3) Электрическая цепь, содержащая р—п-переход
 - 4) Полупроводниковый диод
 - 5) Обозначение на схемах полупроводникового диода
 - 6) Диодный мост
-

Давайте вспомним:

Какие носители тока в полупроводнике являются основными, а какие — неосновными?

Основные носители тока в полупроводнике – те, которых в этом проводнике больше:

- в полупроводнике n-типа основные носители тока – электроны;
- в полупроводнике p-типа основные носители тока – дырки.

Чем отличается примесная проводимость от собственной проводимости?

- Собственная проводимость обусловлена тепловой генерацией электронов, чаще всего говорят о собственной проводимости для чистого полупроводника.
- Примесная проводимость обусловлена ионизацией атомов примесей.

Контакт полупроводников n- и p-типов

Наиболее интересные явления происходят при контакте полупроводников n- и p-типов. Эти явления используются в большинстве полупроводниковых приборов.

p—n переход

Рассмотрим, что будет происходить, если привести в контакт два одинаковых полупроводника, но с разным типом проводимости: слева полупроводник n-типа, а справа полупроводник p-типа (рис. 16.10).

Запомни

Контакт двух полупроводников с разным типом проводимости называют **p-n**- или **n-p**-переходом.

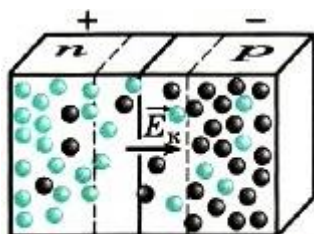


Рис. 16.10

Электроны на рисунке 16.10 изображены голубыми кружочками, дырки — серыми.

В левой части много свободных электронов, а в правой их концентрация очень мала. В правой части, наоборот, много дырок, т. е. вакантных мест для электронов. Как только полупроводники приводят в контакт, начинается диффузия электронов из области с проводимостью n-типа в область с проводимостью p-типа и соответственно переход

дырок в обратном направлении. Перешедшие в полупроводник р-типа электроны занимают свободные места, происходит процесс рекомбинации электронов и дырок, а попавшие в полупроводник n-типа дырки также исчезают благодаря электронам, занимающим вакантное место. Таким образом, вблизи границы раздела полупроводников с разным типом проводимости возникает слой, обеднённый носителями тока (его называют контактным слоем). Этот слой фактически представляет собой диэлектрик, его сопротивление очень велико. При этом полупроводник n-типа заряжается положительно, а полупроводник р-типа — отрицательно. В зоне контакта возникает стационарное электрическое поле напряжённостью $\vec{E}_k$, препятствующее дальнейшей диффузии электронов и дырок.

Объясните, почему полупроводник из одного и того же материала может иметь разный тип проводимости.

Суммарное сопротивление приведённых в контакт полупроводников складывается из сопротивления полупроводника л-типа, р—n-перехода и полупроводника р-типа: $R = R_n + R_{pn} + R_p$. Так как сопротивления областей с n- и р-типами проводимости малы (там много носителей заряда — электронов и дырок), то суммарное сопротивление определяется в основном сопротивлением р—n-перехода: $R \approx R_{pn}$.

Включим полупроводник с р—n-переходом в электрическую цепь так, чтобы потенциал полупроводника р-типа был положительным, а n-типа — отрицательным (рис. 16.11).

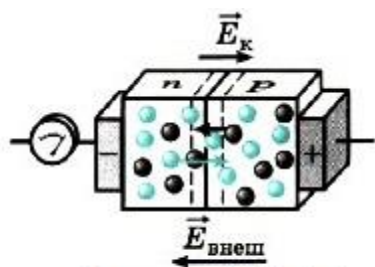


Рис. 16.11

В этом случае напряжённость внешнего поля будет направлена в сторону, противоположную напряжённости контактного слоя.

Модуль суммарной напряжённости $E = E_k - E_{\text{внеш}}$. Так как поле, удерживающее носители тока, ослабевает, то у электронов уже достаточно энергии, чтобы его преодолеть.

Важно

Через переход пойдёт ток, при этом он будет создан основными носителями — из области с n-типом проводимости в область с р-типом проводимости идут электроны, а из области с р-типом в область с n-типом — дырки. В этом случае р—n-переход называется **прямым**.

Электрическая цепь, содержащая р—п-переход

Отметим, что электрический ток идёт во всей цепи: от положительного контакта через область р-типа к р—п-переходу, затем через область п-типа к отрицательному контакту (рис. 16.12).

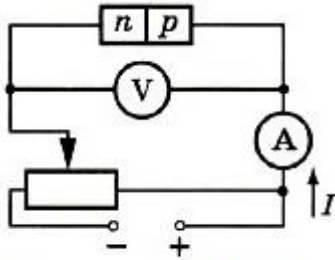


Рис. 16.12

Проводимость всего образца велика, а сопротивление мало. Чем больше подаваемое на контакт напряжение, тем больше сила тока.

Вольт-амперная характеристика р—п-перехода

Зависимость силы тока от разности потенциалов — вольт-амперная характеристика прямого перехода — изображена на рисунке (16.13) сплошной линией.

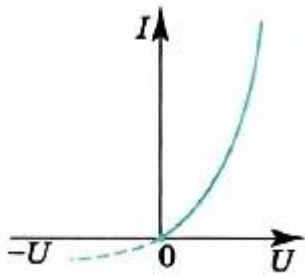


Рис. 16.13

Отметим, что изменение подаваемого напряжения приводит к резкому увеличению силы тока. Так, увеличение напряжения на 0,25 В может привести к увеличению силы тока в 20 000 раз.

При прямом переходе сопротивление запирающего слоя мало, и оно также зависит от подаваемого напряжения, с увеличением которого сопротивление уменьшается.

Изменим теперь полярность подключения батареи. В этом случае напряжённости внешнего и контактного полей направлены в одну сторону (рис. 16.14) и модуль суммарной напряжённости $E = E_k - E_{\text{внеш}}$.

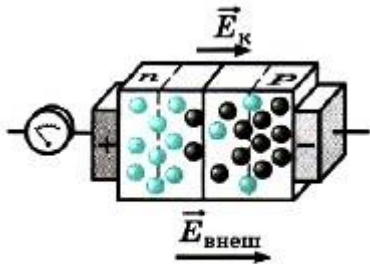


Рис. 16.14

Внешнее поле оттягивает электроны и дырки от контактного слоя, в результате чего он расширяется. В связи с этим у электронов уже не хватает энергии для того, чтобы преодолеть этот слой. Теперь переход через контакт осуществляется неосновными носителями, число которых мало.

Важно

Сопротивление контактного слоя очень велико. Ток через р—п-переход не идёт. Образуется так называемый запирающий слой. Такой переход называется **обратным**.

Вольт-амперная характеристика обратного перехода изображена на рисунке 16.13 штриховой линией.

р—п-Переход по отношению к току оказывается несимметричным: в прямом направлении сопротивление перехода значительно меньше, чем в обратном. Таким образом, р—п-переход можно использовать для выпрямления электрического тока.

Полупроводниковый диод

Запомни

Устройство, содержащее р—п-переход и способное пропускать ток в одном направлении и не пропускать в противоположном, называется **полупроводниковым диодом**.

Если на контакты полупроводникового диода подать переменное напряжение, то ток по цепи пойдёт только в одну сторону.

Полупроводниковые диоды изготавливают из германия, кремния, селена и других веществ.



Проведите под руководством учителя эксперимент. Соберите цепь, содержащую источник тока, реостат, амперметр, полупроводниковый диод и ключ. Замкните ключ. Измерьте силу тока. Разомкните ключ и подключите провода к другим полюсам источника тока. Замкните цепь и вновь измерьте силу тока. Сделайте выводы.

Рассмотрим, как создают р—п-переход, используя германий, обладающий проводимостью n-типа, с небольшой добавкой донорной примеси. Этот переход не удаётся получить путём механического соединения двух полупроводников с различными типами проводимости, так как при этом получается слишком большой зазор между

полупроводниками. Толщина же p — n -перехода должна быть не больше межатомных расстояний, поэтому в одну из поверхностей образца вплавляют индий. Для создания полупроводникового диода полупроводник с примесью p -типа, содержащий атомы индия, нагревается до высокой температуры. Пары примеси n -типа (например, мышьяка) осаждаются на поверхность кристалла. Вследствие диффузии они внедряются в кристалл, и на поверхности кристалла с проводимостью p -типа образуется область с электронным типом проводимости (рис. 16.15).

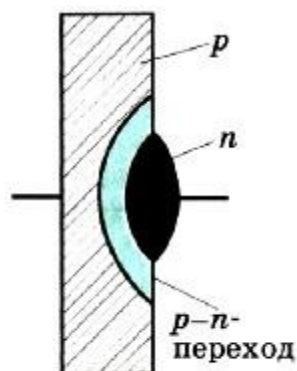


Рис. 16.15

Для предотвращения вредных воздействий воздуха и света кристалл германия помещают в герметичный металлический корпус.

ИНТЕРЕСНО

Полупроводниковые диоды применяют в детекторах приёмников для выделения сигналов низкой частоты, для защиты от неправильного подключения источника к цепи.

В светофорах используются специальные полупроводниковые диоды. При прямом подключении такого диода происходит активная рекомбинация электронов и дырок. При этом выделяется энергия в виде светового излучения.

Схематическое изображение диода приведено на рисунке 16.16.

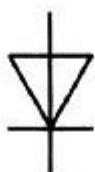
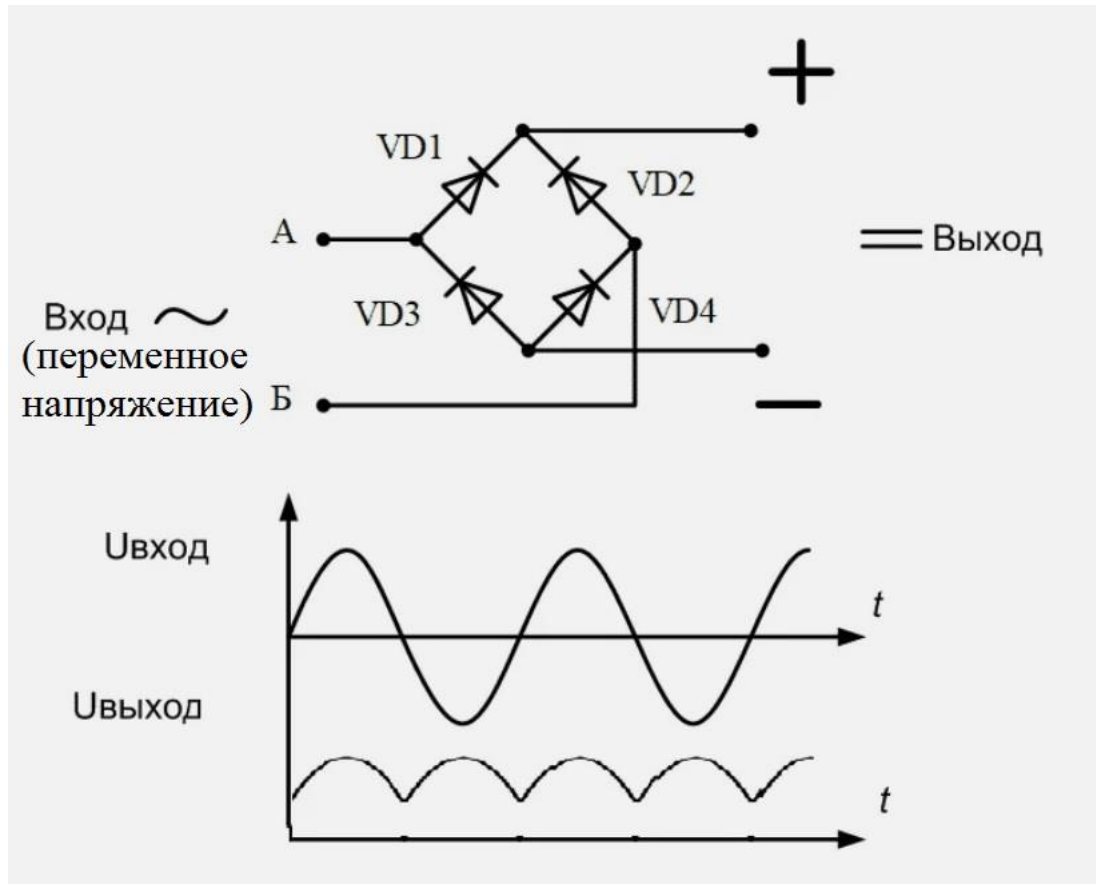


Рис. 16.16

Полупроводниковые выпрямители обладают высокой надёжностью и имеют большой срок службы. Однако они могут работать лишь в ограниченном интервале температур (от -70 до 125 °C).

Диодный мост

Диодный мост — электрическое устройство, предназначенное для преобразования («выпрямления») переменного тока в пульсирующий (постоянный). Такое выпрямление называется двухполупериодным.



- На вход выпрямительного моста, обозначенного буквами А и Б подается переменное напряжение 220В.
- Каждая полуволна, подаваемая из электрической сети или от обмоток трансформатора, преобразуется в постоянную величину парой диодов, расположенных по диагонали.
- Положительная полуволна будет проводиться парой диодов VD1 и VD4 и выдавать на выход моста полуволну в положительной области оси ординат.
- Отрицательная полуволна будет выпрямляться парой диодов VD2 и VD3, с которых на том же выходе моста возникнет очередная полуволна в положительной области.

В связи с тем, что оба полупериода получают реализацию на выходе диодного моста, такое электронное устройство получило название двухполупериодного выпрямителя, также его называют схемой Гретца.

Контрольные вопросы:

1. Что происходит в контакте двух проводников p- и n-типов?
2. Что такое запирающий слой?
3. Какой переход называют прямым?
4. Для чего служит полупроводниковый диод?

Литература:

Мякишев Г. Я. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. М., 2010. §115 упр. 1-4