Дата проведения занятия 2 сентября 2020 г.

Номер пары: 2.

Группа: 21А

Тема занятия: Физические основы электронной техники.

Срок выполнения задания 03.09.2020

**По запросу преподавателя**, для проверки конспекта, скинуть фото конспекта в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (https://vk.com/id421045327) личным сообщением.

Проверка освоения теоретического материала будет произведена выполнением проверочной работы.

Все вопросы, которые возникнут в процессе работы, можете задавать в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (https://vk.com/id421045327) личным сообщением.

**Задание.**

Используя предложенные справочные материалы (текст после вопросов и заданий) и другие источники информации (учебники, интернет), составить конспект по теме: Физические основы электронной техники.

**В конспекте обязательно должны быть выполнены задания и ответы на вопросы**

1. Как подразделяются материалы по способности проводить электрический ток? Какими особенностями обладают полупроводники.
2. Поясните, что такое зонная энергетическая диаграмма, какие зоны можно в ней выделить, что характерно для этих зон?
3. По каким признакам можно классифицировать материалы на проводники, полупроводники и диэлектрики?
4. Какой полупроводник называется собственным (i-типа), какие носители заряда в нем присутствуют? Что такое дырка? Какое соотношение между концентрациями электронов и дырок в собственном полупроводнике? Поясните, что такое генерация и рекомбинацией носителей заряда? Поясните, что такое собственный носитель заряда, собственная проводимостью полупроводника?
5. Какой полупроводник называется примесным полупроводником n-типа? Что такое донорная примесь? Какое соотношение между концентрациями электронов и дырок в полупроводнике с электронной проводимостью (n-типа)? Какие носители заряда в таком полупроводнике называют основными и неосновными?
6. Какой полупроводник называется примесным полупроводником р-типа? Что такое акцепторная примесь? Какое соотношение между концентрациями электронов и дырок в полупроводнике с дырочной проводимостью (р-типа)? Какие носители заряда в таком полупроводнике называют основными и неосновными?
7. Поясните, какие токи могут протекать в полупроводнике? Каким принято направление тока?

Проверьте себя, выполнив приведенные ниже задания рабочей тетради по электронной технике (в конспект не писать).

* 1. Закончите предложения и вставьте пропущенные слова.
* Все вещества в зависимости от способности проводить электрический ток делятся на \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.
* При понижении температуры проводимость полупроводниковых материалов\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, а при повышении \_\_\_\_\_\_\_.
* Идеально химически чистый полупроводник называется*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*, или полупроводником \_\_-типа.
* Наиболее распространенными являются \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ полупроводники, концентрация носителей заряда в которых зависит не только от температуры, но и от внесенных в них примесей.
* Полупроводник, у которого концентрация электронов больше концентрации дырок, называется полупроводником с \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ типом проводимости, или полупроводником \_\_\_-типа, полупроводник, у которого концентрация дырок больше концентрации электронов, называется полупроводником с \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ типом проводимости, или полупроводником \_\_-типа.
  1. Ток в полупроводнике, обусловленный внешним электрическим полем, называется\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Ток в полупроводнике, обусловленный диффузией носителей заряда из области где их концентрация повышена, в область где их концентрация меньше называется \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.
  2. Укажите критерий подразделения веществ на проводники, полупроводники и диэлектрики по величине удельного сопротивления и ширине запрещенной зоны.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество | Удельное сопротивление | Ширина запрещенной зоны |
| Проводник |  |  |
| Полупроводник |  |  |
| Диэлектрик |  |  |

* 1. Закончите начатое предложение, выберите правильный ответ.
* При повышении температуры в полупроводнике…

1. увеличивается количество электронов и уменьшается количество дырок;
2. уменьшается количество электронов и увеличивается количество дырок;
3. увеличивается количество электронов и дырок в одинаковой степени;
4. увеличивается количество электронов и дырок, но в неодинаковой степени.

* Добавление примесей в полупроводник:

1. увеличивает его проводимость;
2. уменьшает его проводимость;
3. почти не изменяет его проводимость.

* При добавлении акцептора,полупроводник:

1. заряжается отрицательным зарядом;
2. заряжается положительным зарядом;
3. остается нейтральным;
4. остается нейтральным, но в нем появляются свободные дырки.

* В полупроводнике n-типа основными носителями зарядов являются

1. электроны;
2. дырки;
3. отрицательные ионы.

* В полупроводнике p типа основными носителями зарядов являются

1. электроны
2. дырки
3. положительные ионы

* Для полупроводника n-типа справедливо соотношение

1. n*i* = p*i*
2. n*n*>>p*n*
3. n*p*<<p*p*

* Для полупроводника p-типа справедливо соотношение

1. n*i* = p*i*
2. p*n*<<n*n*
3. p*p*>>n*p*

**Основы физики п/п. Токи в п/п.**

**Полупроводники и зонная энергетическая диаграмма**

В проводниках имеется большое количество свободных электронов.

В диэлектриках валентные электроны удерживаются ковалентными связями.

В полупроводниках структура кристаллической решетки такая же, как у диэлектриков, но ковалентные связи значительно слабее. Полупроводники по свойству проводимости занимают промежуточную позицию между металлами проводников и диэлектриками. Достаточно весьма небольшого количества энергии, получаемой из внешней среды, например, воздействия температуры, освещенности, сильного электрического поля, чтобы электроны полупроводника разорвали ковалентные связи и стали свободными. При низкой температуре, близкой к абсолютному **0**, удельное сопротивление полупроводника очень велико и полупроводник имеет свойства диэлектрика. При высокой температуре кристалла полупроводника удельное сопротивление мало и полупроводник имеет свойства проводника.

Согласно квантовой теории электроны в атоме совершают движения не по любым, а только по разрешенным орбитам. Электроны, вращающиеся на орбитах ближе к ядру, обладают меньшей полной (потенциальной и кинетической) энергией, чем электроны, вращающиеся дальше от ядра. Поэтому переход электрона с одной разрешенной орбиты с соответствующим энергетическим уровнем на другую происходит с испусканием либо с поглощением кванта энергии (квант — наименьшее возможное количество энергии электромагнитного излучения с данной частотой колебаний). Электрон может покинуть внешнюю орбиту и оказаться свободным, если его энергия больше энергии ионизации. Разрешенные орбиты в атоме образуют электронные оболочки, соответствующие различным энергетическим уровням. Атомы вещества взаимодействуют друг с другом. Это взаимодействие проявляется в расщеплении энергетических уровней электронных оболочек внешних орбит. Центр ядра атома будет соответствовать нулевому энергетическому уровню. Графическое изображение энергетических зон называется зонной энергетической диаграммой.

При рассмотрении энергетических диаграмм условимся с определениями:

* Диапазон энергий, в котором лежит энергия электрона, удерживаемого ковалентной связью, называется *зоной валентности,* или валентной зоной.
* Диапазон энергий, в котором лежит энергия электрона, разорвавшего ковалентную связь и ставшего свободным, называется *зоной проводимости.*
* Диапазон энергий, которыми электрон обладать не может, называется *запрещенной зоной*

**Для того чтобы электрон смог разорвать ковалентную связь и стать свободным, он должен получить энергию больше ширины запрещенной зоны.**

Ширина запрещенной зоны образца может служить признаком его принадлежности к одному из классов веществ: проводников, полупроводников, диэлектриков. Ниже на рисунках приводится схематическое изображение структур энергетических зон для полупроводника, диэлектрика, проводника. Из рисунка следует, что полупроводник имеет запрещенную зону ΔW≤ 3 эВ, а диэлектрик ΔW>3 эВ. Все металлы (проводники), запрещенной зоны не имеют, потому что она перекрывается валентной зоной и зоной проводимости.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Все известные в природе вещества по удельному электрическому сопротивлению принято делить на три класса — металлы, полупроводники и диэлектрики. У металлов этот параметр находится в пределах 10-6—10-4 Ом∙см. Вещества с удельным сопротивлением 10-4—1010 Ом∙см отнесены к полупроводникам, вещества с удельным сопротивлением более 1010 Ом∙см — диэлектрикам.

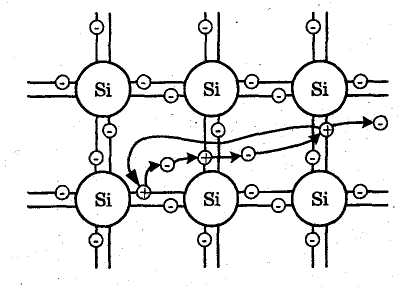
Полупроводники можно охарактеризовать следующими параметрами:

* шириной запрещенной зоны, показывающей величину энергии, которую необходимо отдать электронам, чтобы некоторые из них разорвали химические связи и стали носителями заряда;
* удельным сопротивлением или удельной электропроводностью;
* концентрацией *собственных* носителей заряда, которая зависит от температуры полупроводника;
* концентрацией *примесных* носителей заряда, зависящей от количества примесей в полупроводнике;
* подвижностью носителей заряда, показывающей скорость перемещения носителей заряда за время их жизни и зависящей от концентрации примесей в полупроводнике. Длительность времени, за которое концентрация носителей заряда уменьшится в *е* раз, именуют временем жизни носителей заряда.

**Собственная проводимость полупроводников**

*Собственным* полупроводником, или полупроводником i-типа, называется идеально химически чистый полупроводник с однородной кристаллической решеткой. Кристаллическая структура полупроводника на плоскости может быть определена следующим образом.

Если **электрон** получил энергию больше ширины запрещенной зоны, он разрывает ковалентную связь и становится **свободным**. На его месте образуется не занятая носителем вакансия, которая имеет положительный заряд, равный по величине заряду электрона и называемый **дыркой**.



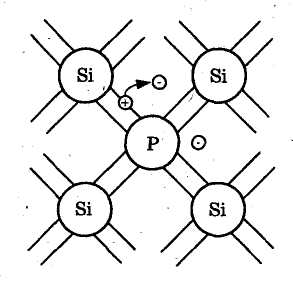
В полупроводнике *i*-типа, отрицательный заряд всех электронов материала компенсируется положительным зарядом всех ядер, и концентрация электронов *ni* равна концентрации дырок *pi,* т. е. *ni = pi.*

Процесс образования пары зарядов электрон — дырка называется **генерацией заряда**, а обратный процесс заполнения вакансий в кристаллической решетке **рекомбинацией носителей заряда**.

Свободный электрон может занимать место дырки, восстанавливая ковалентную связь и при этом выделяя избыток энергии в виде тепла или, в редких случаях, испуская световое излучение. Такой процесс называется рекомбинацией зарядов. В процессе рекомбинации и генерации зарядов дырка как бы движется в обратную сторону от направления движения электронов, поэтому ее принято считать подвижным положительным носителем заряда. Дырки или свободные электроны, образующиеся в результате генерации носителей заряда, называются *собственными носителями заряда,* а проводимость полупроводника за счет собственных носителей заряда — собственной проводимостью полупроводника.

**Примесная проводимость полупроводников**

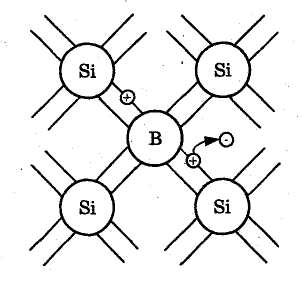
Так как у собственных полупроводников проводимость существенно зависит от внешних условий, таких как, например, освещенность или воздействие поля, в полупроводниковых компонентах в основном используют примесные полупроводники. Если в полупроводник ввести пятивалентную примесь, четыре валентных электрона восстанавливают ковалентные связи с атомами полупроводника, а пятый электрон остается свободным, за счет чего концентрация свободных электронов будет превышать концентрацию дырок.



Примесь, за счет которой концентрация электронов больше концентрации дырок, т.е., *nn >pn,* называется *донорной примесью.*

* Полупроводник, у которого концентрация электронов больше концентрации дырок, называется *полупроводником с электронным типом* проводимости, или полупроводником *п*-типа.
* В полупроводнике *п*-типа электроны называются основными носителями заряда, а дырки — *неосновными.*

При введении трехвалентной примеси три ее валентных электрона восстанавливают ковалентную связь с атомами полупроводника, а четвертая ковалентная связь оказывается не восстановленной, т. е. имеет место дырка. В результате получается, что концентрация дырок будет больше концентрации электронов.



* Примесь, за счет введения которой концентрация дырок больше концентрации электронов, т.e*. pp >np,* называется *акцепторной примесью.*
* Полупроводник, у которого концентрация дырок больше концентрации электронов, называется *полупроводником с дырочным типом проводимости,* или полупроводником *р*-типа.
* В полупроводнике *р-типа* дырки называются *основными носителями заряда,* а электроны — *неосновными.*

В наиболее распространенных полупроводниках, используемых в радиодеталях, типичное количество примесей составляет примерно 1015 на 1см3.

Полупроводники могут быть простыми и сложными. К простым полупроводникам относят бор и висмут, германий и кремний, мышьяк и селен, сурьму и теллур, к сложным — фосфид галлий, арсенид галлия, сульфид цинка, арсенид индия и другие вещества.

**Дрейфовый и диффузионный токи в полупроводниках**

*Дрейфовый ток в полупроводнике возникает за счет приложенного электрического поля, при этом электроны движутся навстречу линиям напряженности поля, а дырки — по направлению линий напряженности поля.*

*Диффузионный ток возникает из-за неравномерной концентрации носителей заряда, которые двигаются из области, где их концентрация больше, в область, где их концентрация меньше.*

В общем случае в полупроводнике могут существовать и электрическое поле, и неравномерная концентрация носителей заряда. Тогда ток, протекающий в полупроводнике, будет иметь как дрейфовую, так и диффузионную составляющие.

В электротехнике и электронике в качестве направления тока, условно принято направление тока положительно заряженных частиц. Такое направление токов иногда называют техническим и именно его показывают стрелки на схемах в условных обозначениях элементов.