

Группа 14. Физика

Дата: 26.06.2020

Урок № 111

Тип урока: комбинированный урок

Тема урока:

**Электрический ток в полупроводниках**

**Цели урока:**

**Предметные:**

- сформировать у учащихся знания о полупроводниках, их видах, умению объяснять процессы, происходящие внутри полупроводников.

**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) Полупроводники
  - 3) Зависимость проводимости полупроводников от температуры
  - 4) Строение полупроводников
  - 5) Ковалентная связь
  - 6) Электронная проводимость полупроводников
  - 7) Дырочная проводимость полупроводников
  - 8) Собственная проводимость полупроводников
-

**Давайте вспомним:**

*Почему сопротивление проводников зависит от температуры?*

**С увеличением температуры тепловое движение атомов проводника становится более интенсивным и увеличивается количество столкновений электронов с атомами проводника. Это приводит к увеличению сопротивления проводника.**

*Какие явления наблюдаются в состоянии сверхпроводимости?*

**При сверхпроводимости, которая возможна только при очень низких температурах сопротивление проводника становится равным нулю, электроны не встречают препятствий на своём пути. Кроме того магнитное поле не может проникнуть внутрь сверхпроводника.**



**Магнит левитирует над сверхпроводящим кольцом, в котором течёт электрический ток.**

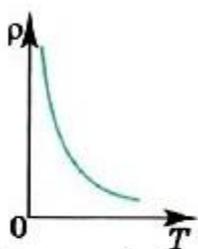
### **Полупроводники**

**Запомни**

**Полупроводники** — вещества, удельное сопротивление которых имеет промежуточное значение между удельным сопротивлением металлов ( $10^{-6}$ — $10^{-8}$  Ом • м) и удельным сопротивлением диэлектриков ( $10^8$ — $10^{13}$  Ом • м).

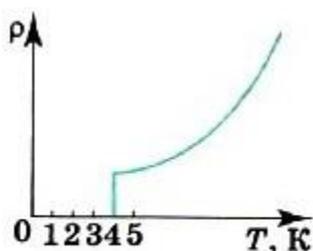
Отличие проводников от полупроводников особенно проявляется при анализе зависимости их электропроводности от температуры. Исследования показывают, что у ряда элементов (кремний, германий, селен, индий, мышьяк и др.) и соединений (PbS, CdS,

GaAs и др.) удельное сопротивление с увеличением температуры не растёт, как у металлов (см. рис. 16.3), а, наоборот, чрезвычайно резко уменьшается (рис. 16.4).



**Рис. 16.4**

Такое свойство присуще именно полупроводникам.

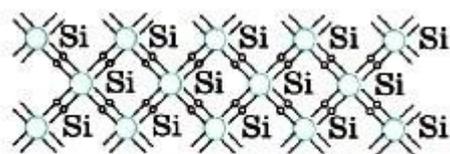


**Рис. 16.3**

Из графика, изображённого на рисунке, видно, что при температурах, близких к абсолютному нулю, удельное сопротивление полупроводников очень велико. Это означает, что при низких температурах полупроводник ведёт себя как диэлектрик. По мере повышения температуры его удельное сопротивление быстро уменьшается.

### Строение полупроводников

Для того чтобы включить транзисторный приёмник, знать ничего не надо. Но чтобы его создать, надо было знать очень много и обладать незаурядным талантом. Понять же в общих чертах, как работает транзистор, не так уж и трудно. Сначала необходимо познакомиться с механизмом проводимости в полупроводниках. А для этого придётся вникнуть в *природу связей*, удерживающих атомы полупроводникового кристалла друг возле друга.



**Рис. 16.5**

Для примера рассмотрим кристалл кремния.

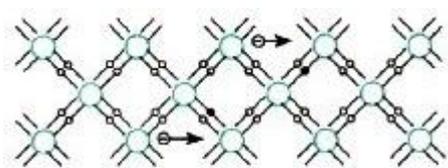
Кремний — четырёхвалентный элемент. Это означает, что во внешней оболочке его атома имеется четыре электрона, сравнительно слабо связанные с ядром. Число ближайших соседей каждого атома кремния также равно четырём. Схема структуры кристалла кремния изображена на рисунке (16.5).

Взаимодействие пары соседних атомов осуществляется с помощью парноэлектронной связи, называемой *ковалентной связью*. В образовании этой связи от каждого атома

участвует по одному валентному электрону, электроны отделяются от атома, которому они принадлежат (коллективируются кристаллом), и при своём движении большую часть времени проводят в пространстве между соседними атомами. Их отрицательный заряд удерживает положительные ионы кремния друг возле друга.

Не надо думать, что коллективированная пара электронов принадлежит лишь двум атомам. Каждый атом образует четыре связи с соседними, и любой валентный электрон может двигаться по одной из них. Дойдя до соседнего атома, он может перейти к следующему, а затем дальше вдоль всего кристалла. Валентные электроны принадлежат всему кристаллу.

Парноэлектронные связи в кристалле кремния достаточно прочны и при низких температурах не разрываются. Поэтому кремний при низкой температуре не проводит электрический ток. Участвующие в связи атомов валентные электроны являются как бы цементирующим раствором, удерживающим кристаллическую решётку, и внешнее электрическое поле не оказывает заметного влияния на их движение. Аналогичное строение имеет кристалл германия.



**Рис. 16.6**

**Электронная проводимость.** При нагревании кремния кинетическая энергия частиц повышается, и наступает разрыв отдельных связей. Некоторые электроны покидают свои «проторённые пути» и становятся свободными, подобно электронам в металле. В электрическом поле они перемещаются между узлами решётки, создавая электрический ток (рис. 16.6).

Запомни

Проводимость полупроводников, обусловленную наличием у них свободных электронов, называют **электронной проводимостью**.

При повышении температуры число разорванных связей, а значит, и свободных электронов увеличивается. При нагревании от 300 до 700 К число свободных носителей заряда увеличивается от  $10^{17}$  до  $10^{24}$  1/мл<sup>3</sup>. Это приводит к уменьшению сопротивления.

**Дырочная проводимость.**

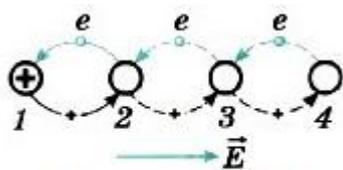
Запомни

При разрыве связи между атомами полупроводника образуется вакантное место с недостающим электроном, которое называют **дыркой**.

В дырке имеется избыточный положительный заряд по сравнению с остальными, не разорванными связями (см. рис. 16.7).

Положение дырки в кристалле не является неизменным. Непрерывно происходит следующий процесс. Один из электронов, обеспечивающих связь атомов, перескакивает

на место образовавшейся дырки и восстанавливает здесь парноэлектронную связь, а там, откуда перескочил этот электрон, образуется новая дырка. Таким образом, дырка может перемещаться по всему кристаллу.



**Рис. 16.7**

Если напряжённость электрического поля в образце равна нулю, то перемещение дырок происходит беспорядочно и поэтому не создаёт электрического тока. При наличии электрического поля возникает упорядоченное перемещение дырок.

**Важно**

Направление движения дырок противоположно направлению движения электронов (рис. 16.7).

В отсутствие внешнего поля на один свободный электрон (-) приходится одна дырка (+). При наложении поля свободный электрон смещается против напряжённости поля. В этом направлении перемещается также один из связанных электронов. Это выглядит как перемещение дырки в направлении поля.

Итак, в полупроводниках имеются носители заряда двух типов: электроны и дырки.

**Запомни**

Проводимость, обусловленная движением дырок, называется **дырочной проводимостью** полупроводников.

Мы рассмотрели механизм проводимости чистых полупроводников.

**Запомни**

Проводимость чистых полупроводников называют **собственной проводимостью**.

О

-----

### Контрольные вопросы:

1. Какую связь называют ковалентной?
2. В чём состоит различие зависимости сопротивления полупроводников и металлов от температуры?
3. Какие подвижные носители зарядов имеются в чистом полупроводнике?
4. Что происходит при встрече электрона с дыркой?

---

### **Литература:**

Мякишев Г. Я. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. М., 2010. §113 упр. 1-4