



**Собственная и примесная проводимости
полупроводниковых материалов.
Акцепторная.**

План:

1. Собственная проводимость полупроводников
2. Примесная проводимость полупроводников
3. Донорные и акцепторные примеси

01

Определение /

В полупроводниках основная зона разделена с зоной возбужденных уровней конечным интервалом энергий (ΔE) ΔE . У проводника она получила название валентной, а зона возбужденный состояний – зоной проводимости.

Если $T = 0 \text{ К}$ $T=0 \text{ К}$, то валентная зона заполняется целиком. В этом случае, зона проводимости свободна. Отсюда следует, что вблизи абсолютного нуля полупроводники не способны проводить ток. •
Отличие диэлектриков и полупроводников состоит в ширине запрещенной зоны (ΔE) ΔE . Диэлектриками считают полупроводники при $\Delta E > 2 \text{ эВ}$ $\Delta E > 2 \text{ эВ}$.

Примечание 1

Если температура увеличивается, электроны начинают производить обмен энергии с ионами кристаллической решетки. Это может стать причиной обретения добавочной кинетической энергии $\approx kT \approx kT$. Ее количества достаточно для перевода некоторой части электронов в зону проводимости. Там они способны проводить ток.

Определение 2

В валентной зоне освобождаются квантовые состояния, которые электронами не заняты. Эти состояния называют дырками. Они являются носителями тока.

Электронны способны совершать квантовые переходы в незаполненные состояния. Заполненные состояния в этом случае освобождаются, то есть становятся дырками. В результате чего можно наблюдать появление равновесной концентрации дырок.

При отсутствии внешнего поля ее значение одинаковое по всему объему проводника. Квантовый переход сопровождается его перемещением против поля. Он способен уменьшить значение потенциальной энергии системы. Переход, который связан с перемещением в направлении поля, способен увеличить потенциальную энергию системы. При наличии преобладания количества переходов против поля над переходами по полю через полупроводник начнет протекать ток по движению приложенного электрического поля. Незамкнутый полупроводник характеризуется течением тока до тех пор, пока электрическое поле не будет компенсировать внешнее. Конечный результат такой же, как если бы в качестве носителей тока были не электроны, а положительно заряженные дырки. Отсюда следует, что различают два вида проводимости полупроводников: электронная и дырочная.

Носителя тока в металлах и полупроводниках считаются электроны, а дырки введены формально. Дырки в качестве положительно заряженных частиц не существует. Но перемещение в электрическом поле такое же, как и при классическом рассмотрении положительно заряженных частиц. Небольшая концентрация электронов в зоне проводимости и дырки в валентной зоне позволяют применять классическую статистику Больцмана.

Примечание 2

Дырочная и электронная проводимости не связаны с наличием примесей. Ее называют собственной электропроводностью полупроводников.

Если имеется идеально чистый проводник без примесей, то каждому освобожденному электрону при помощи теплового движения или света соответствовало бы образование одной дырки, иначе говоря, количество электронов и дырок, участвующих в создании тока, было бы одинаковое. Существование идеально чистых полупроводников невозможно, поэтому при необходимости их создают искусственным путем. Даже наличие малого количества примесей способно повлиять на изменение свойств полупроводника.

02

Определение 3

Электропроводность полупроводников, вызванная наличием примесей атомов других химических элементов, называют примесной электрической проводимостью.

Небольшое их количество способно существенно влиять на увеличение проводимости. В металлах происходит обратное явление. Примеси способствуют уменьшению проводимости металлов. Увеличение проводимости с примесями объясняется тем, что происходит появление дополнительных энергетических уровней в полупроводниках, находящихся в запрещенной зоне полупроводника.

03

Донорные и акцепторные примеси

Пусть дополнительные уровни в запрещенной зоне появляются около нижнего края зоны проводимости. Если интервал, отделяющий дополнительные уровни энергии от зоны проводимости, мал при сравнении с шириной запрещенной зоны, то произойдет увеличение числа электронов в зоне проводимости, значит, сама проводимость полупроводника возрастает

Определение 4

Примеси, которые перемещают электроны в зону проводимости, называют донорами или донорными примесями. Дополнительные энергетические уровни получили название донорных уровней.



Определение 5

Полупроводники с донорными примесями – это электронные или полупроводники n n-типа.

Определение 6

Пусть с введением примеси возникают добавочные уровни около верхнего края валентной зоны. В этом случае электроны из этой зоны переходят на добавочные уровни. Валентная зона характеризуется появлением дырок, так как появляется дырочная электропроводность проводника. Примеси такого рода получили название акцепторных. Дополнительные уровни, располагаемые в них, называют акцепторными.

Определение 7

Полупроводники с акцепторными примесями получили название дырочных или полупроводников p p-типа. Имеют место на существование смешанные полупроводники.

Вид проводимости, которым обладает полупроводник, определяют по знаку эффекта Холла.

Определение δ

Легирование – это процесс введение примесей. Если примесный уровень обладает высокой концентрацией, то происходит их расщепление. Перекрывание границ соответствующих энергетических зон считается результатом процесса.



Пример /

Объяснить, к какому типу примеси относят атомы мышьяка, бора, находящихся в кристаллической решетке кремния.

Решение :

Кремний является четырехвалентным атомом, значит, атом содержит 4 4 электрона. Мышьяк пентавалентен, то есть содержит 5 5, причем пятый из которых отщепляется по причине наличия теплового движения. Положительный ион мышьяка вытесняет из решетки один из атомов кремния и встает на его место. Происходит возникновение электрона проводимости между узлами решетки. Отсюда следует, что мышьяк считается донорной примесью для кремния. При рассмотрении бора в качестве примеси для кремния видно, что атом бора имеет наружную оболочку, состоящую из трех электронов. Атом бора захватывает четвертый электрон из соседнего места, находящегося в кристалле кремния. Именно там происходит появление дырки. Отрицательный ион бора, появившийся в ней, вытесняет атом кремния из кристаллической решетки и занимает его место. Говорят о возникновении в нем дырочной проводимости. Бор считается акцепторной примесью.

Ответ: мышьяк – донорная примесь, бор – акцепторная.

Пример 2

Даны термоэлементы с протеканием тока от металла к полупроводнику и наоборот. Объяснить, почему это происходит.

Решение.

По условию, электронная и дырочная проводимость проходит в горячем спае. Это объясняется тем, что на конце электронного полупроводника с высокой температурой скорость электронов намного больше, чем в холодном. Отсюда следует, что электроны имеют возможность проходить от горячего конца к холодному до возникновения по причине перераспределения зарядов электрического поля и не останавливать поток диффундирующих электронов. Только после установления равновесного состояния горячему концу, который потерял все электроны, соответствуют положительные заряды, а холодному – отрицательные. Можно сделать вывод, что имеется разность потенциалов между горячим и холодным концами с положительным знаком. Дырочный полупроводник характеризуется обратным процессом. Диффузия идет от горячего конца к холодному, причем первый из них обладает отрицательным зарядом, а холодный – положительным. Получаем, что разности потенциалов имеют отрицательное значение, в отличие от электронного полупроводника.