

2. Лебедев Я.Д. Логико-графический метод структурирования и измерения дидактической информации в профессиональной подготовке учителя физики. Дис....д-ра пед.наук: 13.00.08,13.00.02 Ярославль,2005.-98с.
3. О.Барсукова Роль графической информации в процессе передачи знаний. Научные записки. Серия педагогические науки, Вып.82,с.137-140

МЕХАНИЗМ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ СОБСТВЕННОГО ПОЛУПРОВОДНИКА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЗОННОЙ ТЕОРИИ

С.О. Саидов¹, М.О. Жураев²

БухГУ, доцент кафедры физики¹

БухГУ, магистрант кафедры физики²

Аннотация: в статье рассмотрена природа и механизм электропроводности в собственных полупроводниках с точки зрения зонной теории. Определено, что с уменьшением ширины запрещенной зоны чувствительность полупроводников к температуре возрастает и энергия активации E_a для собственного полупроводника равна половине ширины запрещенной зоны.

Ключевые слова: электропроводность, полупроводник, валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости, электроны, дырки, уровень Ферми, тепловое возбуждение, энергия активации, закон действующих масс.

С понижением температуры проводимость металлов возрастает, и для чистых металлов стремится к бесконечности при приближении к абсолютному нулю. У полупроводников, напротив, с понижением температуры проводимость убывает, а вблизи абсолютного нуля полупроводник становится изолятором. Ни классическая электронная

являются полупроводниками, а другие проводниками или диэлектриками. Для ответа на вопрос необходимо методами квантовой механики рассмотреть вопрос взаимодействия валентных электронов с атомами кристаллической решетки. Решить уравнение Шредингера с числом переменных порядка 10^{23} – это математическая задача безнадежной трудности.

Поэтому современная квантовая теория твердого тела основывается на ряде упрощений. Такой теорией является зонная теория твердого тела. Название связано с характерной группировкой энергетических уровней электронов в кристаллах в зоны уровней.

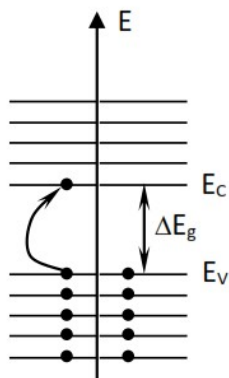
В основе зонной теории лежат следующие предположения:

1) При изучении движения валентных электронов положительные ионы кристаллической решетки, ввиду их большой массы, рассматриваются как неподвижные источники поля, действующего на электроны.

2) Расположение положительных ионов в пространстве считается строго периодическим: они размещаются в узлах идеальной кристаллической решетки данного кристалла.

3) Взаимодействие электронов друг с другом заменяется некоторым эффективным силовым полем.

Задача сводится к рассмотрению движения электрона в периодическом силовом поле кристалла.



Потенциальная энергия электрона $U(r)$ периодически изменяется.

Содержащую электроны зону с наибольшей энергией, называют валентной зоной. Первую зону с незанятыми энергетическими уровнями называют

проводимости либо совпадают, либо перекрываются. В изоляторах и полупроводниках эти зоны отделены друг от друга. Если материал находится не в основном состоянии, а обладает дополнительной энергией – тепловым возбуждением. Эта энергия играет важную роль в свойствах электропроводности.

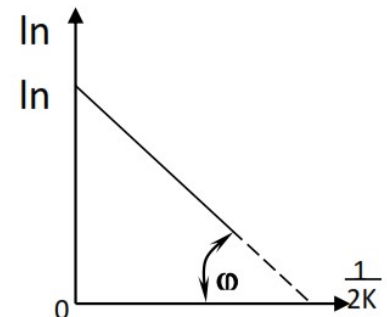
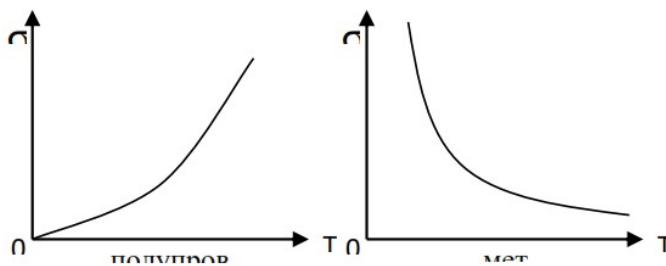
Электропроводность собственных полупроводников возрастает с температурой, у проводников уменьшается.

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E_g}{2kT}}$$

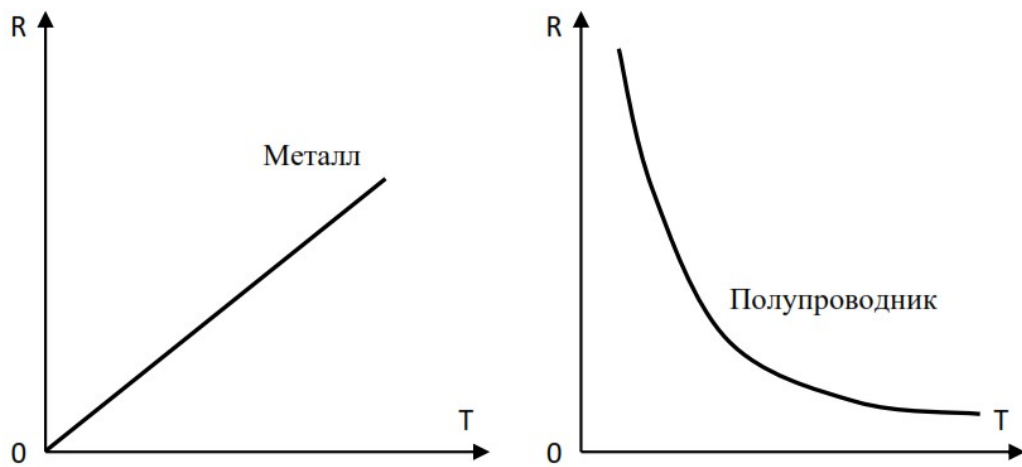
Если прологарифмировать $\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{\Delta E_g}{2kT}$ и построить график зависимости $\ln \sigma$ от $\frac{1}{2KT}$, то получим прямую линию, угловой

коэффициент которого равен $\Delta E_g = \frac{2k}{|tg \varphi|}$

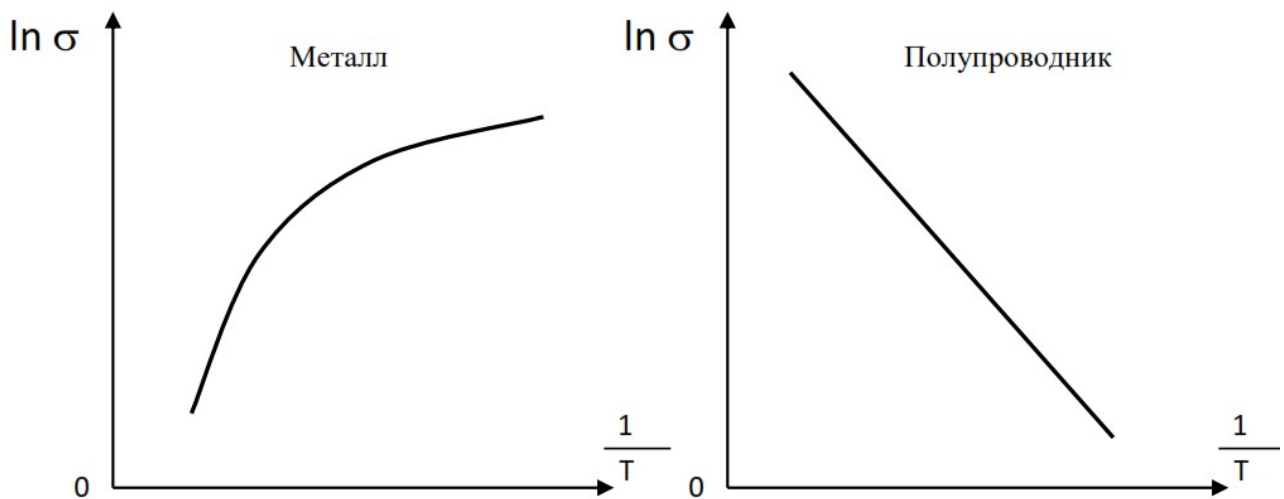
Это дает возможность, измеряя электропроводность полупроводника при различных температурах, определить опытным путем ширину запрещенной зоны ΔE_g для данного полупроводника



Для металлов $\frac{dR}{dt} = \frac{dR}{dT} > 0$



Для полупроводников сопротивление с ростом температуры быстро



уменьшается $R(T) = R_0 e^{\frac{B}{T}}$ или $\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{B}{T}}$ где $KB = E_a$, то

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{E_a}{kT}}$$

где E_a – энергия активизации, она различна для разных интервалов температур.

Наличие энергии активации E_a означает, что для увеличения проводимости к полупроводниковому веществу необходимо подвести энергию. Полупроводники – это вещества, проводимость которых сильно зависит от внешних условий: температуры, давления, внешних полей, облучения ядерными частицами и они имеют при комнатной температуре

которая зависит сильно от вида и количества примеси, и структуры вещества, и от внешних условий. В полупроводнике с собственной проводимостью число электронов равно числу дырок, каждый электрон создает единственную дырку.

Число возбужденных собственных носителей экспоненциально зависит от $\frac{E_g}{2K_B T}$, где E_g – ширина энергетической запрещенной зоны.

$$n_i = 2 \left(\frac{m_e K_B T}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left[\frac{E_F - E_g}{K_B T} \right]$$

$$P_i = 2 \left(\frac{m_h K_B T}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left[-\frac{E_F}{K_B T} \right]$$

$$2 \left(\frac{m_e K_B T}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left[\frac{E_F - E_g}{K_B T} \right] = 2 \frac{m_h K_B T}{2\pi\hbar^2} \exp \left[-\frac{E_F}{K_B T} \right]$$

$$\exp \left(\frac{2E_F}{K_B T} \right) = \left(\frac{m_h}{m_e} \right)^{3/2} \exp \left(\frac{E_g}{K_B T} \right)$$

$$E_F = \frac{1}{2} E_g + \frac{3}{4} K_B T \ln \frac{m_h}{m_e}$$

Если $m_c = m_h$, то $E_F = \frac{E_g}{2}$ т.е. уровень Ферми лежит в середине запрещенной зоны.

Индекс I (intrinsic – собственность)

$$n_i P_i = 4 \left(\frac{K_B T}{2\pi\hbar^2} \right)^3 (m_e m_h)^{3/2} \exp \left(-\frac{E_g}{2KT} \right)$$

Не содержит уровня Ферми.

Закон действующих масс, который утверждает, что расстояние