

Тема 2. Электрические переходы

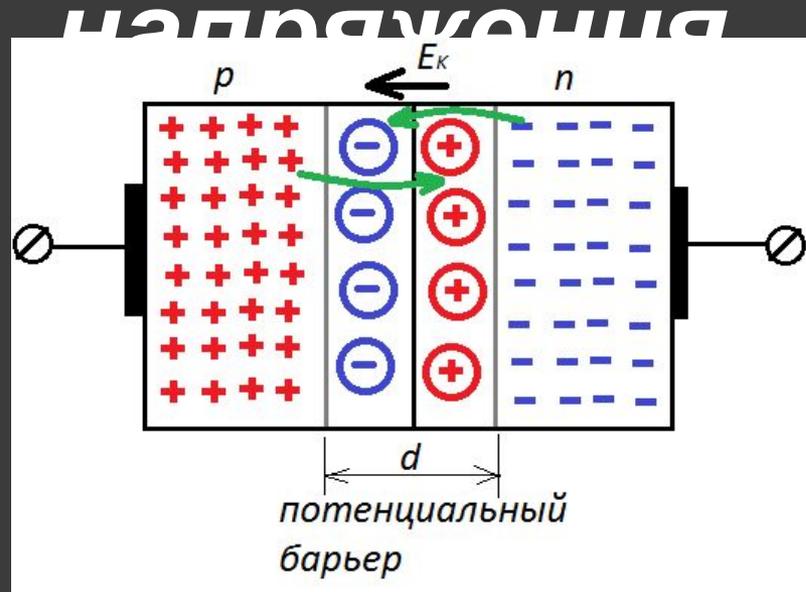
Определение

- Электрическим переходом называется переходный слой на границе двух полупроводников с различными типами или значениями электропроводности между металлом и полупроводником или диэлектриком и полупроводником.
- Электрический переход составляет основу большинства электрических приборов, поэтому физические процессы, происходящие при переходе определяют принцип действия и характеристики приборов.

2.1. p-n переход

- ◎ p-n переход – переходный слой на границе двух полупроводников с различными типами электропроводности: p-типа и n-типа.

2.1.1. Переход при отсутствии внешнего



- При контакте идёт диффузия; течёт ток диффузии, дырки устремляются в n-область, электроны – в p-область. В результате диффузии образовался потенциальный барьер.

2.1.1. Переход при отсутствии внешнего напряжения

$$I_{\text{диф}} \propto U_{\text{к}} = \phi^+ - \phi^-$$

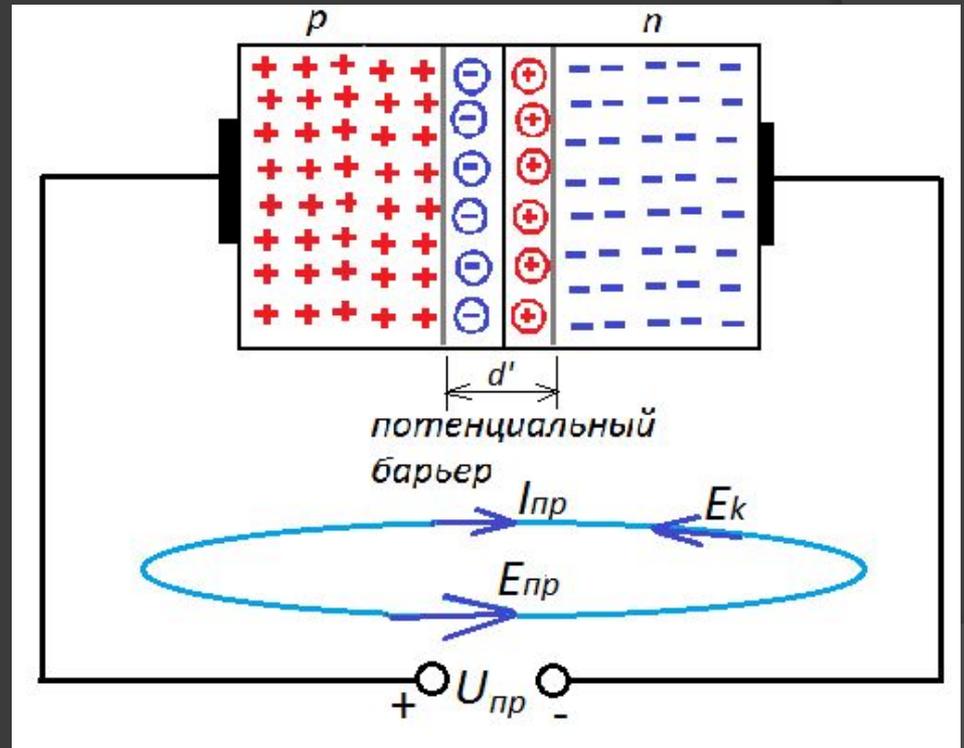
$U_{\text{к}}$ - контактное напряжение.

- ✓ Электрон+дырка => рекомбинация с образованием обеднённого носителями заряда слоя с повышенным сопротивлением.
- ✓ $E_{\text{к}}$ => дрейф.

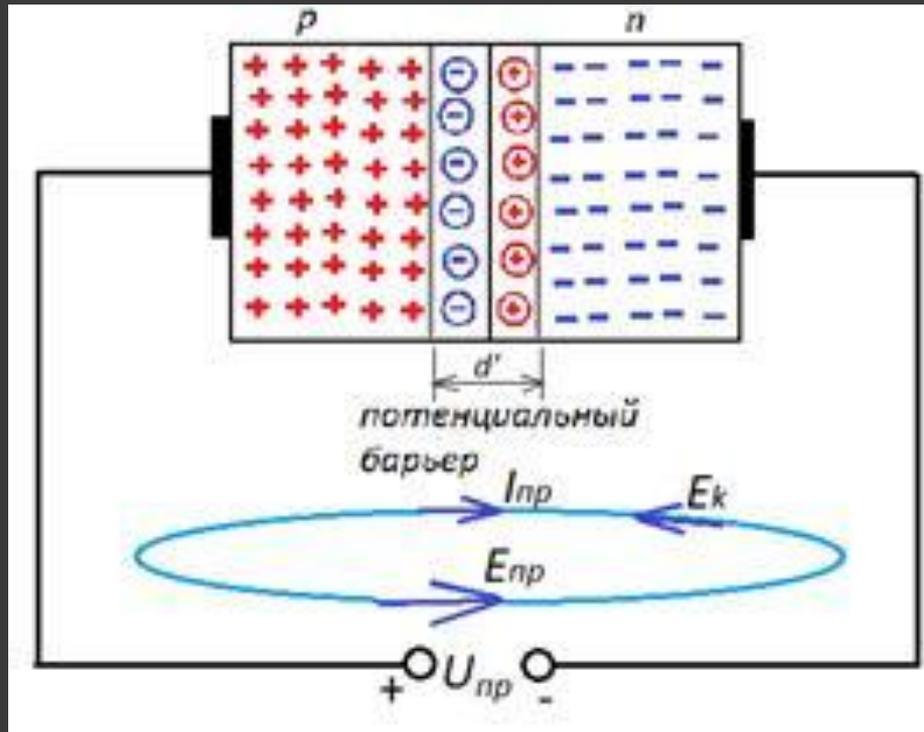
$$I = I_{\text{диф}} - I_{\text{др}} = 0$$

2.1.2. p-n переход при прямом напряжении

- Прямым называется напряжение, полярность которого совпадает с полярностью основных носителей.
- В этом случае потенциальный барьер уменьшается или исчезает, т.к. E_k и $U_{пр}$ направлены встречно.
- $I_{пр}$ может быть большим, потому что это ток прямых носителей. $R_{пр}$ мало.



2.1.3. p-n переход при обратном напряжении



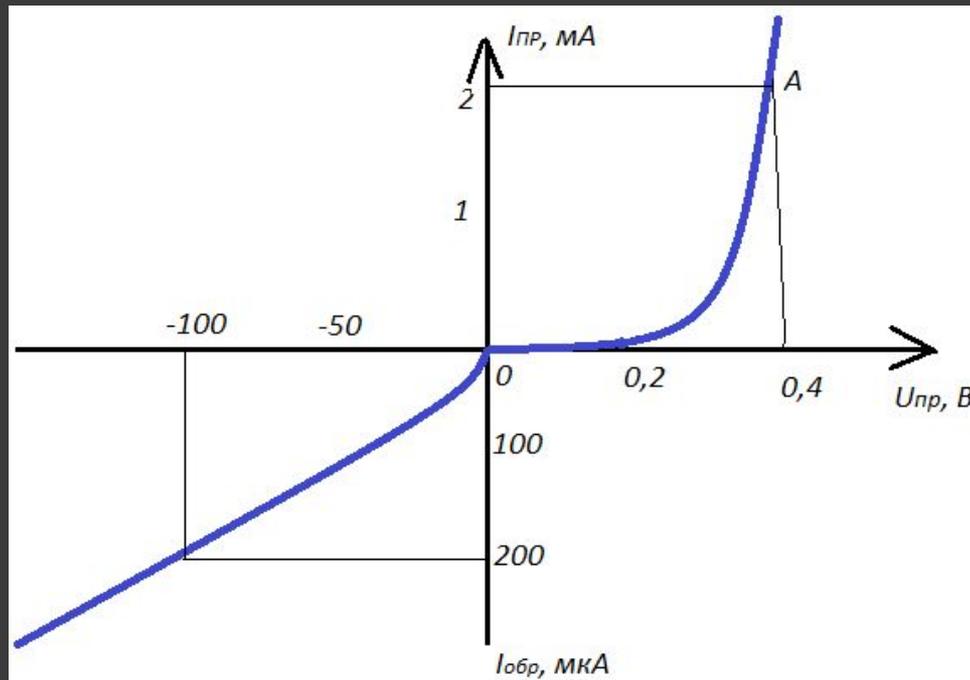
$$I_{об} = I_{др}$$

⊙ $R_{обр}$ велико.

2.1.4. Вольт-амперная характеристика

- ◎ Свойства:
- ✓ Вещество – Ge, p-n переход
- ✓ Нелинейность
- ✓ Односторонняя проводимость; главное свойство p-n перехода

2.1.4. Вольт-амперная характеристика



$$r_{пр}(A) = \left. \frac{\partial U}{\partial I} \right|_{I=I(A)} = \frac{0,35 - 0,25}{(3 - 2) \times 10^{-3}} = 400 \text{ м}$$

$$r_{пр}(B) = \frac{100 - 50}{(200 - 100) \times 10^{-6}} = 500 \text{ кОм}$$

2.1.4. Вольт-амперная характеристика

Характеристика:	Ge	Si	GaAs
$\mu_n, \text{cm}^2 \text{V} / \text{c}$	3800	1300	4500
$\mu_p, \text{cm}^2 \text{V} / \text{c}$	1800	500	450
$D_n, \text{cm}^2 / \text{c}$	95	33	120
$D_p, \text{cm}^2 / \text{c}$	45	12	12
U_K, V	0,2 – 0,4	0,5 – 1,0	

2.2 Переход Шоттки

- Переход Шоттки – это переходный слой на границе металл-полупроводник. Электронный переход образуется из-за разных работ выхода электрона из полупроводника и из металла.

$$U_K = q(A_{пп} - A_M)$$

- Работа выхода – работа, которая затрачивается для выхода электрона из твёрдого тела в вакуум.
- $A_{пп} < A_M$, ПП p-типа, то образуется объединённый слой, который обладает выпрямляющим свойством.
- Переход Шоттки – высокочастотный переход по сравнению с p-n, т.к. в нём движутся только основные носители.

2.3. Гетеропереход

- ⦿ Гетеропереход - образуется на границе двух полупроводников с различной шириной запрещённой зоны.
- ⦿ Особенность: здесь можно получить одностороннюю инжекцию, кроме того существуют разрывы зон (обеспечивающие его СВЧ свойства).
- ⦿ Используется в полевых транзисторах и в сверхскоростных интегральных схемах.

2.4. Переход «Полупроводник- диэлектрик»

- ⦿ Играет важную роль при создании интегральных схем. Переход образуется на границе раздела Si – SiO₂. (Si – полупроводник, SiO₂ – диэлектрик)
- ⦿ Главная особенность SiO₂ в том, что он содержит примеси донорного типа, которые имеют тенденцию локализоваться вблизи границы раздела Si – SiO₂.

2.5. Омический переход

- Омический переход – это физический контакт, электрическое сопротивление которого мало и не зависит от тока. Большинство таких контактов образуется на границе $n^+ - n$ и $p^+ - p$