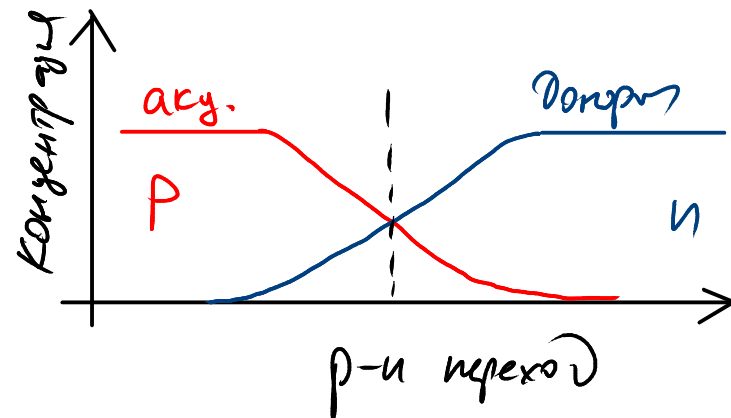
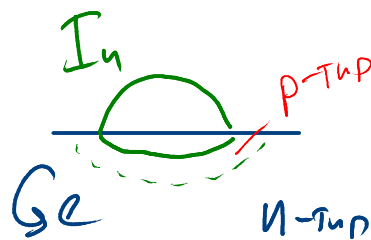


# Глава 4. Основы солнечной энергетики

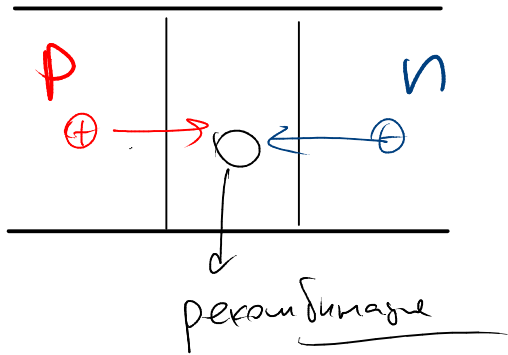
## 4.1. p-n переход

- слои на границе между 2-мя областями одного и того же n/p с разными типами проводимости

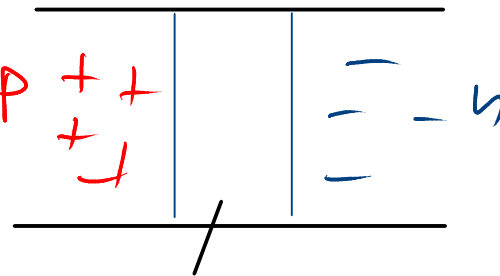


$$\vec{F} = -D \nabla n$$

Вследствие диффузии



⇒



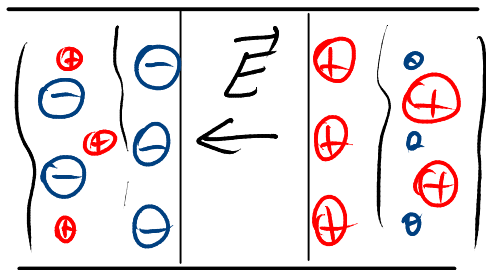
зона p-n перехода

обеднена носителями заряда

⇐

имеем большое эл. сопр. R

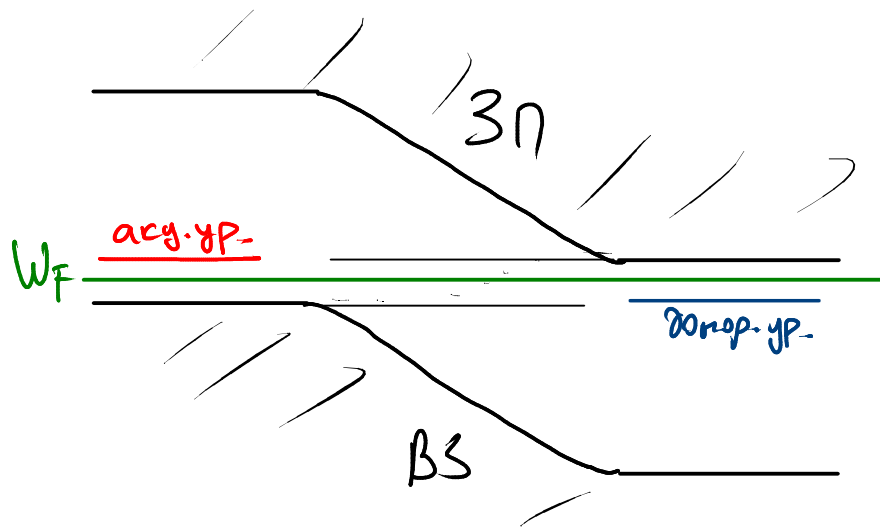
Диффузия → эл. поле



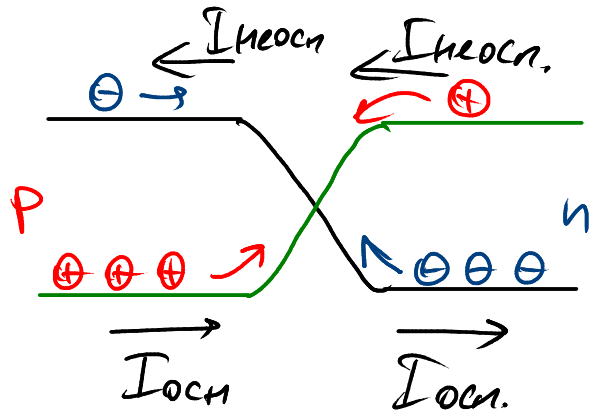
→ Диффузия  
← эл. поле

Двойной электрической слой

Равновесие возникает в случае совпадения уровней Ферми обеих областей



Возникает  
потенциальный  
барьер и/з  
обл.



Часть осп. носителей  
 преодолевает пот. барьер  
 $\Rightarrow$  возникает ток  $I_{осп}$

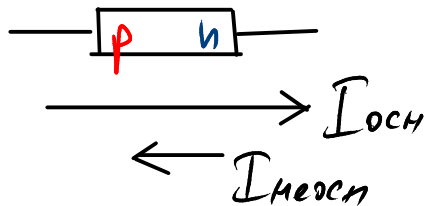
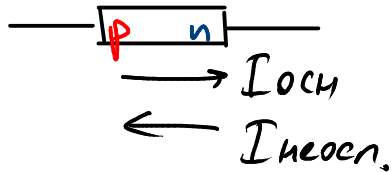
Не осп. носители непрерывно генерируются  
 из-за тем. движения

Есть ток  $I_{носп}$ . не зависит от  
 высоты барьера

$I_{осп}$  — сильно зависит от высоты барьера

## 4.2. Полупроводниковый диод

При  $U = 0$



Вкл. внеш. напр.

"+" к p-обл; "-" к n-обл

прямое напряжение

В p-обл. потенциал  $\phi$  увелич.

В n-обл. — уменьшается

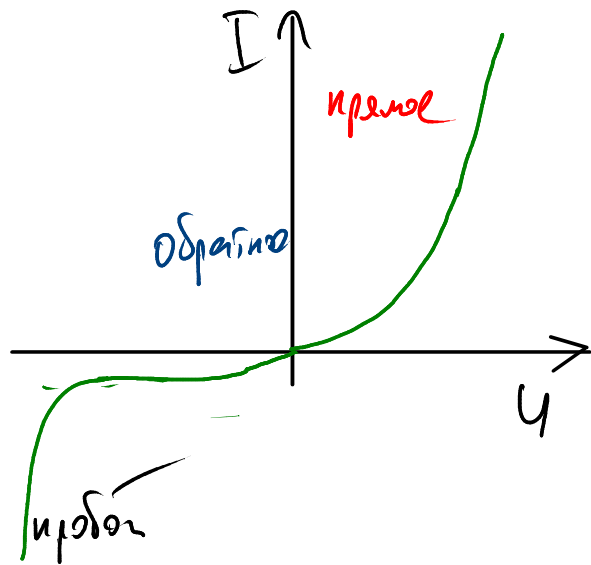
Высота барьера уменьшается

$I_{осн}$  — увеличивается (резко)

$I_{неосн}$  — почти не изм.

$I_{рез} = I_{осн} + I_{неосн}$  — резко растёт.

уменьшается ширина перехода и  $R$  уменьш.



Приможим "-" к p-обл, "+" - к n-обл  
 обратное напряжение

Барьер - увал.  $\Rightarrow$   $I_{осн}$  - уменьш.

$I_{неосн}$  - тот же

$I_{рез}$  - быстро достигает насыщения ( $I_{осн} \approx 0$ )

При очень большом обр. напр - возникает

электрический пробой переходу

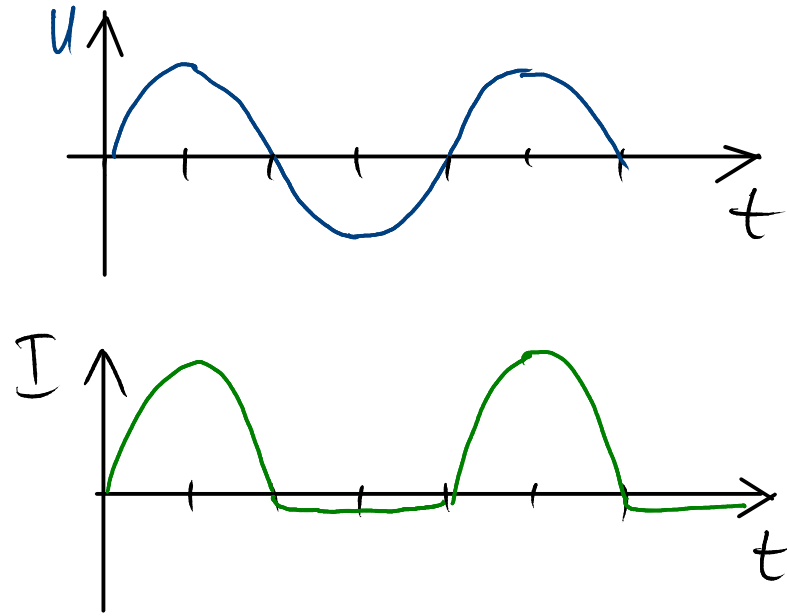
$\Rightarrow$  резко возрастает обратный ток.

Уравнение Шоттки (Максвелл)

$$I = I_0 \left[ e^{\frac{eU}{n k T}} - 1 \right]$$

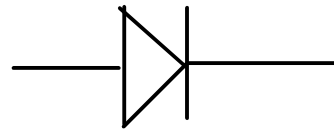
для  
идеального  
диода  
 $n = 1$

$I_0$  - обратный ток насыщения,  $n$  - коэффициент идеальности



Временная диаграмма

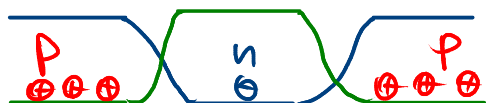
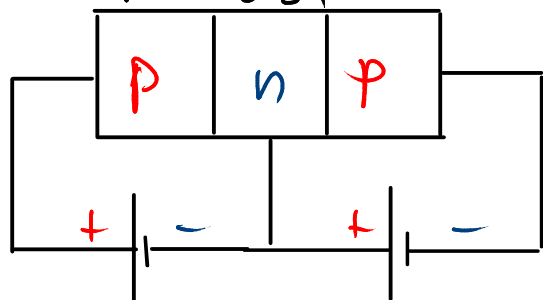
диод - n/n провод



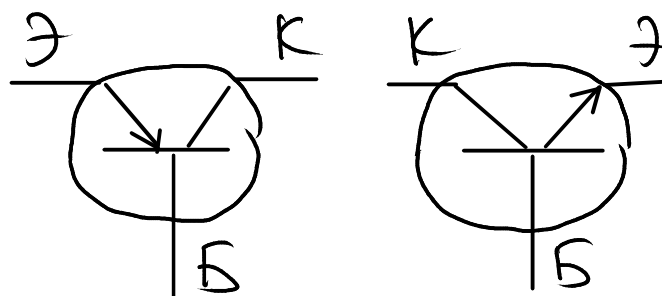
### 4.3. Полупроводниковый транзистор

Кристалл  $n/p$  с 2-мя  $n-p$  переходами

Эмиттер      База      Коллектор



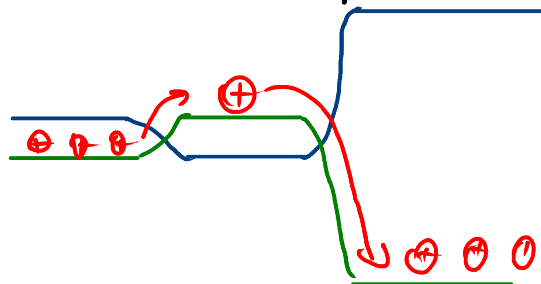
Биполярный транзистор



$p-n-p$   
тип

$n-p-n$   
тип

Подать на переход Э-Б прямое, а на Б-К - обратное напр.



Барьер ЭБ уменьшается, барьер БК - увеличивается.

А при переходе в обл. Б и далее носки все достигают К.



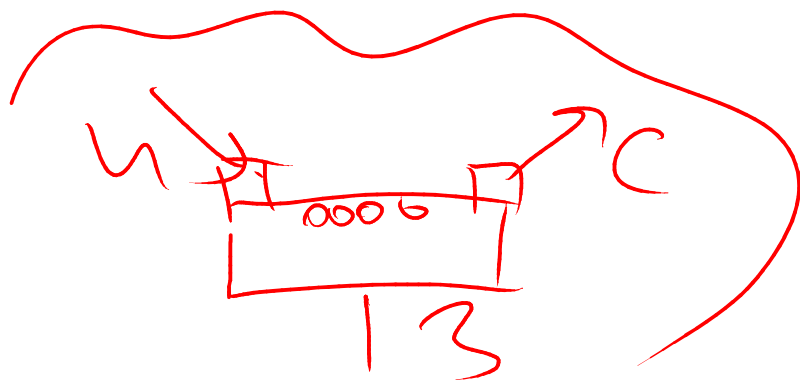
Всякое цепи газа Э приводит к цепи газа К,

сопр. ЭБ — малое, сопр БК — большое  
прямое обратное напр.

$$I_{\text{Э}} = I_{\text{К}} \quad R_{\text{ЭБ}} \ll R_{\text{БК}}$$

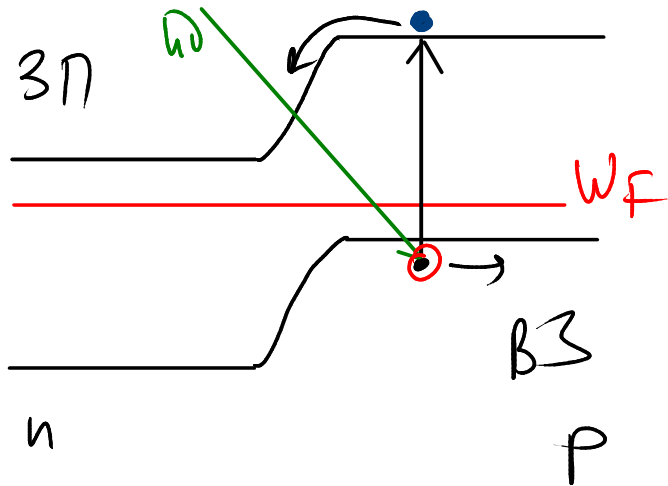
$$\Leftrightarrow U_{\text{К}} \gg U_{\text{Э}}$$

$\Rightarrow$  уменьшение напряжения  $\Rightarrow$  мощность



$$P = IU = \frac{U^2}{R}$$

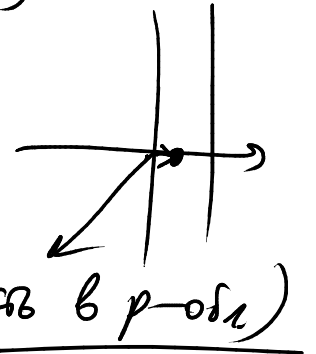
# 4.4. Внутренний фотоэффект



e-h-пара electron-hole

Облучен светом  $h\nu$  (при переходе)  $h\nu$  может поглотиться и передать энергию электрону

$\Rightarrow$  возникает e-h пара (носиль в p-обл.)

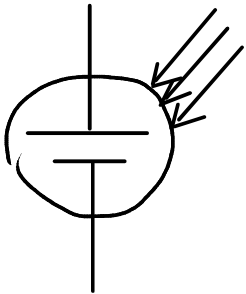


Если свет — в зоне перехода,

где есть сильное Эл. поле, тогда

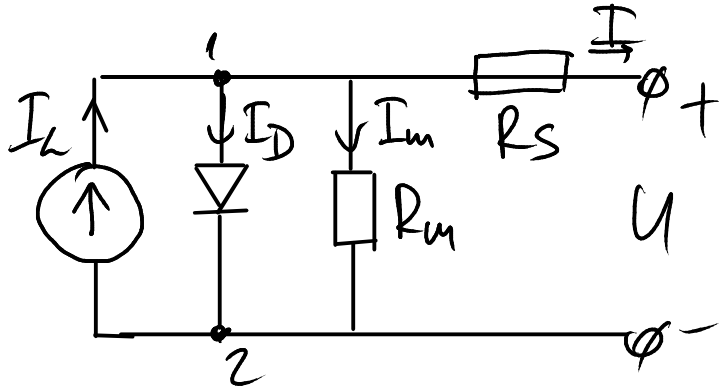
$e^-$  уходит в n-обл.

$\Rightarrow$  возникает ЭДС



## 4.5. Теория солнечных батарей

Эквивалентная схема сол. элемента



Неидеальность

$R_m$  — сопр. ток

$R_s$  — эквив. последоват. сопротивление

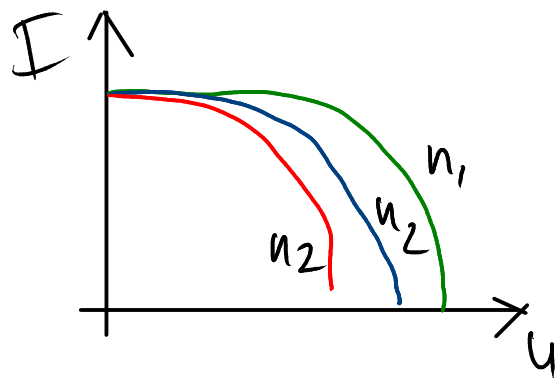
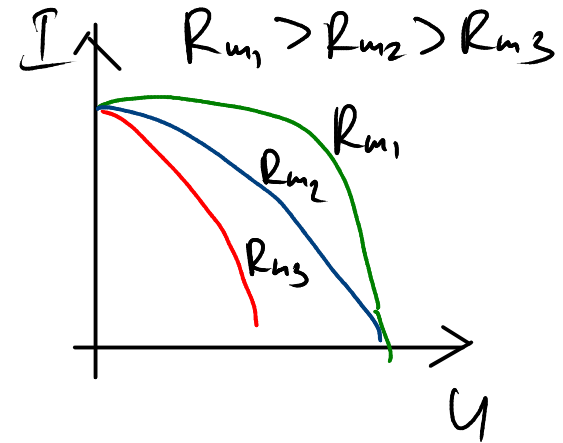
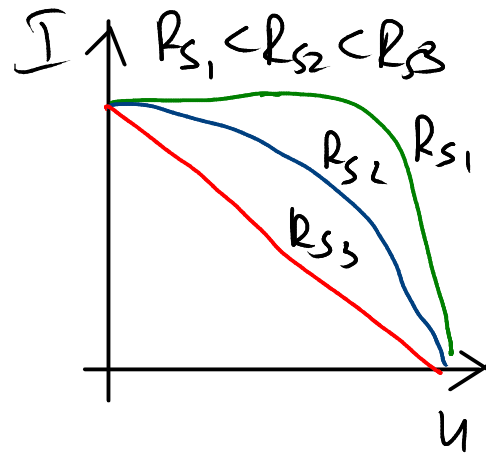
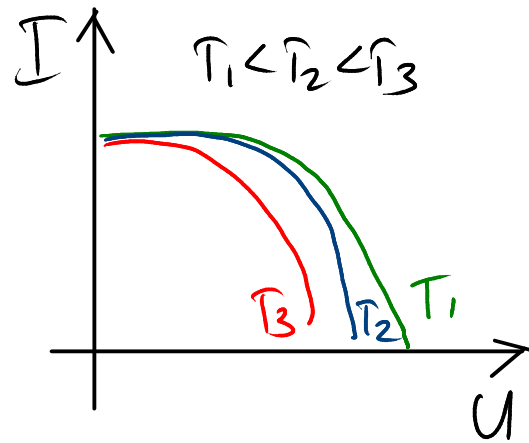
$$I = I_L - I_D - I_m ; \quad U_{12} = U + I R_s$$

Упр. закон

$$I_D = I_0 \left( e^{\frac{eU_{12}}{nkT}} - 1 \right)$$

$$I_m = \frac{U_{12}}{R_m}$$

$$I = I_L - I_0 \left\{ e^{\frac{q}{n k T} (U + I R_s)} - 1 \right\} - \frac{U + I R_s}{R_m}$$



$$n_1 > n_2 > n_3$$

$$0 < n < 2$$

one always  $n \approx 1$

$$n \approx 1$$