

Tillståndstäthet av e och hål  
Fermi-nivån.

Laddningsbärarkoncentrationer

Antal e!  
 (1)  $n = \int_{E_c}^{\infty} Z_c(E) F(E) dE$  kap 4 - beteckningar  
 $m_0 \rightarrow m_e^*$   
 $\sqrt{E} \rightarrow \sqrt{E - E_c}$   
 $F(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1} \approx e^{-\frac{(E-E_F)/kT}{1}} \ll 1$  slk att finna en e

Antal hål!  
 (2)  $p = \int_{-\infty}^{E_v} Z_v(E) (1-F(E)) dE$   $m_0 \rightarrow m_h^*$   
 $\sqrt{E} \rightarrow \sqrt{E_v - E}$   
 $1-F(E)$  för  $E < E_v \approx e^{-\frac{(E_F-E)/kT}{1}} \ll 1$  slk att finna ett hål

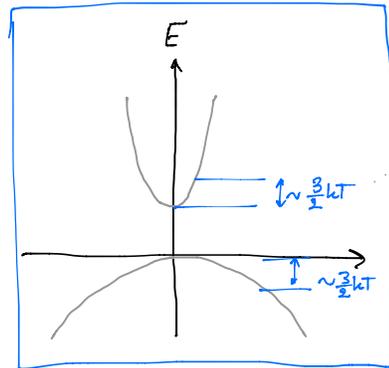
(1)  $n = 2 \left( \frac{2\pi m_e^* kT}{h^2} \right)^{3/2} e^{-\frac{(E_c - E_F)/kT}{1}}$   
 (2)  $p = N_v e^{-\frac{(E_c - E_F)/kT}{1}}$   
 $n \cdot p = N_c N_v e^{-\frac{E_g}{kT}}$  massverkens lag: produkten np är alltid konstant

Om  $n=p$  så blir  $n=p = \sqrt{N_c N_v} e^{-\frac{E_g/2kT}{1}} > 0$  för alla  $T > 0$

intrinsiska ledn. bärarkonc.  $n_i \rightarrow n_i^2 \Rightarrow np = n_i^2$

För  $n=p$

$E_F = E_{Fi} = E_v + \frac{E_g}{2} + \frac{3}{4} kT \ln \left( \frac{m_h^*}{m_e^*} \right)$



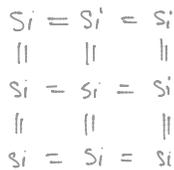
Dopning → extrinsisk eller störledande halvledare.

- Vi vill styra ledningsförmågan  $\sigma$ !
- Styra laddningsbärartypen

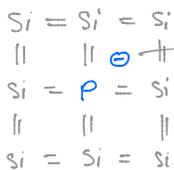
Vi ersätter ca  $1/10^6$  atomer med annat atomslag.

Si -4 valense<sup>-</sup>

Atomer ur grupp IV (P, As...) ⇒ n-dopad  
 grupp III (B, Al) ⇒ p-dopad

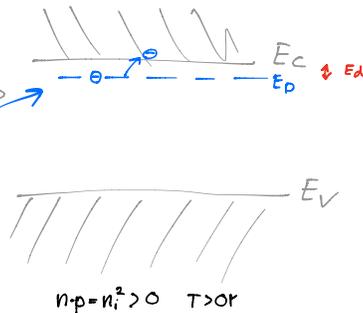


n-dop



Behöver inte så mycket energi för att lossna. Dus hoppar till ledningsbandet

P förstår periodiciteten och ger möjlighet för dopad e<sup>-</sup> att bestamma sig i bandgapet



Elektronen är  $\left\{ \begin{array}{l} \text{lokaliserad om kumlen } (\phi \text{ kring P-atomen}) \\ \text{fri om obunden (utbredd } \phi) \end{array} \right.$

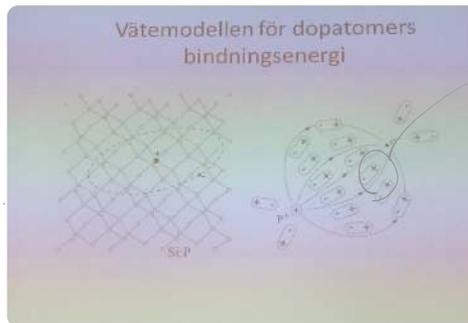
Vi vill bestämma anståndet  $E_d$  i bandgapet:

$E_d$  i väte modellen

$$E_{1s} = \frac{-m_0 e^4}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2} \times \frac{1}{\epsilon_r^2} \times \frac{m_0^*}{m_0} = -13,6 \cdot 10^{-3} \text{ eV}$$

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{-13,6 \text{ eV}} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\sim 10^2} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\sim 10^1}$

$\approx 10 \text{ meV} \ll E_g \Rightarrow E_d: 10-100 \text{ meV}$



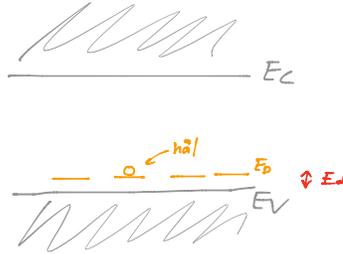
Si-atomerna skärmar vxlV mellan P<sup>+</sup> och e<sup>-</sup> och hjälper till att delokalisera

$$n = p + N_D^+ \quad \text{konc av joniserade donatorer}$$

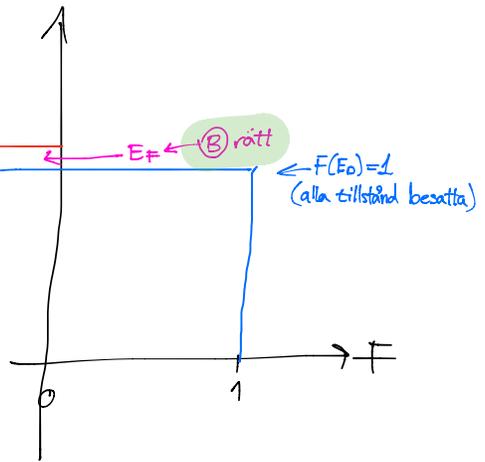
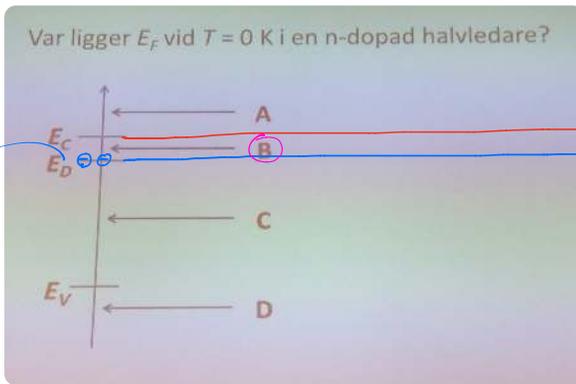
$$\Rightarrow n > p \quad \underline{n\text{-dopad!}}$$

p-dop

$$\begin{array}{ccc} S_i = S_i = S_i & & \\ || & || & || \\ S_i = A_i = S_i & & \\ || & || & || \\ S_i = S_i = S_i & & \end{array}$$



Alla dopade  $e^-$  binder



T lite högre

$$n = N_D^+ + p \quad p \ll N_D^+ \Rightarrow n \approx N_D^+$$

$$n = N_D^+ = N_D (1 - F(E_D)) \quad n \ll N_D$$

$$n = \sqrt{N_C N_D} e^{-E_D/2kT}$$

$$n = N_C e^{-(E_C - E_F)/kT} \quad \text{gäller alltid} \rightarrow E_F = \frac{E_D + E_C}{2} - \frac{kT}{2} \ln\left(\frac{N_C}{N_D}\right)$$