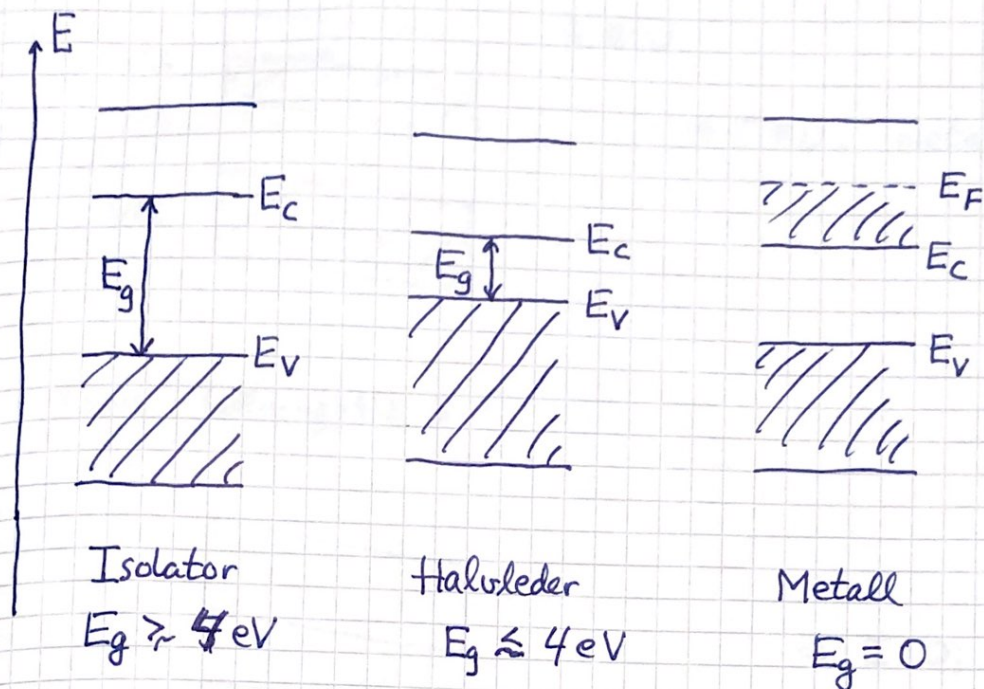


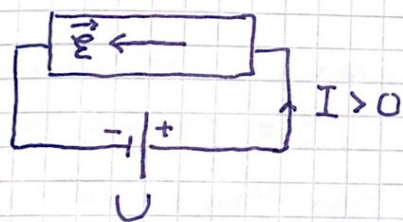
Terminologi:

Valensbåndet: Det fylte båndet som har høyest energi.

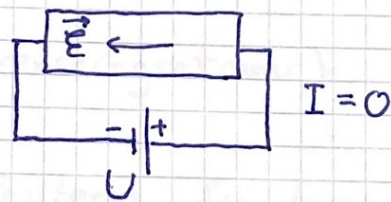
Ledningsbåndet: Neste bånd; tomt eller halvfyllt.



Empirisk:



Metall



Ikke-metall / Isolator

Påtrykt spenning U gir elektrisk felt $\vec{E}$ i materialet. Må ha ledige tilstander umiddelbart over okkuperte tilstander for at $\vec{E}$ skal kunne gi elektroner økt fart og dermed strøm I .
Dvs, må ha delvis fylt bånd for å få $I \neq 0$.

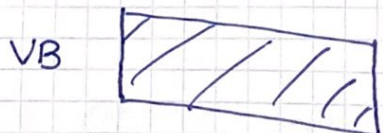
Skjematisk:

Delvis fylt ledningsbånd:

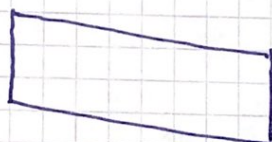


$\updownarrow e \cdot U$

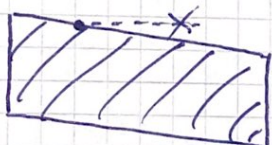
$\Rightarrow I \neq 0$; metall



Tomt ledningsbånd:



$\Rightarrow I = 0$; isolator



Forbudt!

Ren halvleder (ingen forurensningsatomer):

Isolator ved $T = 0$.

$T > 0 \Rightarrow$ elektroner kan eksiteres fra toppen av VB til bunnen av CB. Ledige tilstander (o)

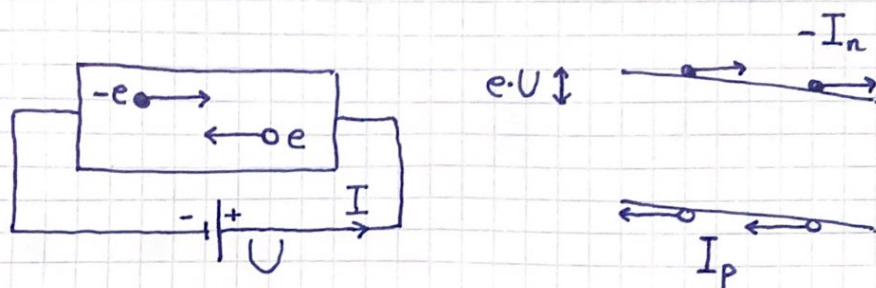
E_c —●●●●

E_v —○●●●

kalles hull. Disse oppfører seg som partikler med positiv ladning $+e$.

Både elektroner i CB (●) og hull i VB (○) bidrar til elektrisk strøm.

Spennning U gir partikkelstrøm av elektroner og hull i motsatt retning:



Total elektrisk strøm: $I = I_n + I_p$

Konsentrasjon av elektroner og hull i en ren halvleder ved temperatur T :

$$n(T) = n_0 \exp(-E_g/2k_B T) ; \quad p(T) = n(T)$$

$n_0 \sim 10^{26}$ pr m^3 i "typisk" halvleder

Silicium (Si): $E_g = 1.12 \text{ eV} \Rightarrow n(300\text{K}) \approx 10^{16}$ pr m^3

Germanium (Ge): $E_g = 0.67 \text{ eV} \Rightarrow n(300\text{K}) \approx 10^{20}$ —"—

Diamant (C): $E_g = 5.47 \text{ eV} \Rightarrow n(300\text{K}) = 0$

Doping av halvledere:

En liten andel av Si (evt. Ge) erstattes av atomer fra en nabogruppe i det periodiske system.

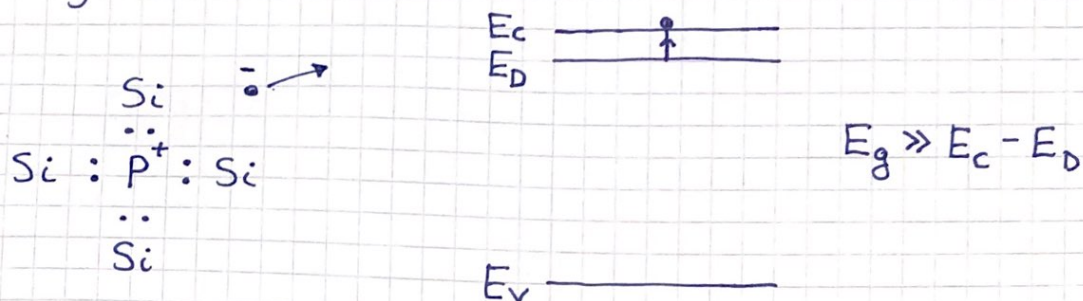
Si, Ge: Gruppe 14, 4 valenselektroner

B, Al, Ga...: Gruppe 13, 3 valensel.

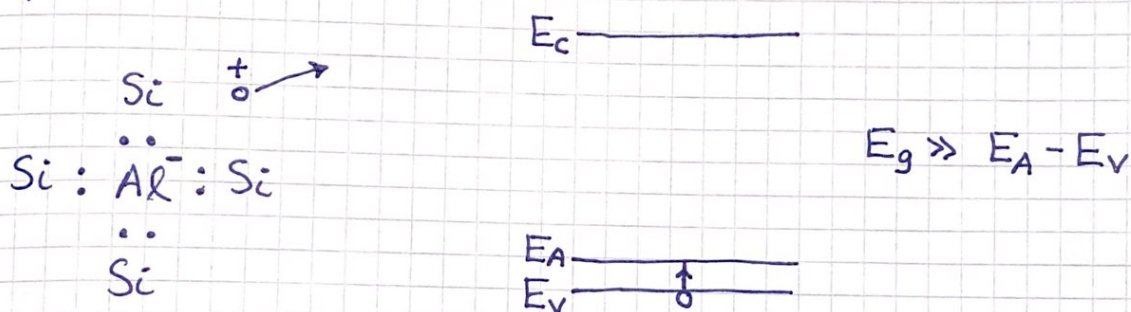
N, P, As...: Gruppe 15, 5 —"—

n-type Si: Dopet med f.eks P (fosfor). (52)

4 av 5 valensel. inngår i bindinger med 4 Si-naboer; det 5. frigjøres lett fra P-atomet og doneres til ledningsbåndet i Si.



p-type Si: Dopet med f.eks Al (aluminium).
 Alle 3 valensel. + 1 elektron fra valensbåndet i Si inngår i bindinger med 4 Si-naboer; et fritt hull skapes i valensbåndet.



$$E_c - E_D \sim k_B T \quad \text{og} \quad E_A - E_v \sim k_B T \quad \text{ved romtemp.}$$

$$\Rightarrow n \approx N_D \quad \text{i n-type halvledere} \quad (n \gg p \quad \text{i n-type})$$

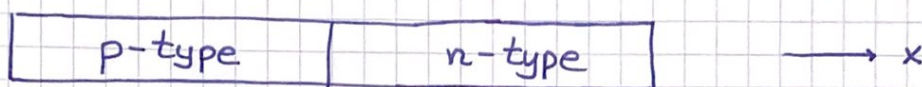
$$p \approx N_A \quad \text{i p-type} \quad \text{---} \text{---} \text{---} \quad (p \gg n \quad \text{i p-type})$$

N_D = kons. av donoratomer

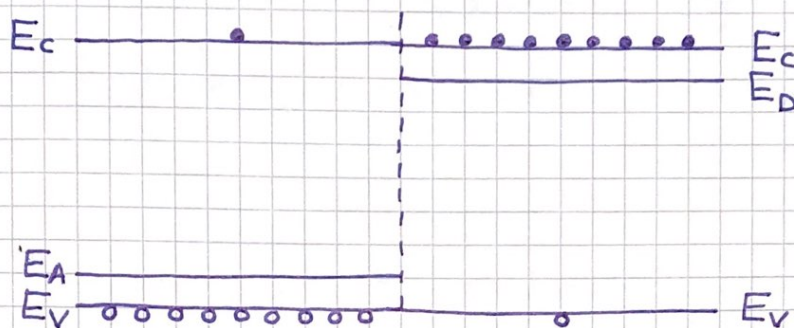
N_A = --- akseptoratomer

pn-overgangen: dioden [os 9.7; YF 42.7]

(53)



Energibånd før likevekt er etablert:

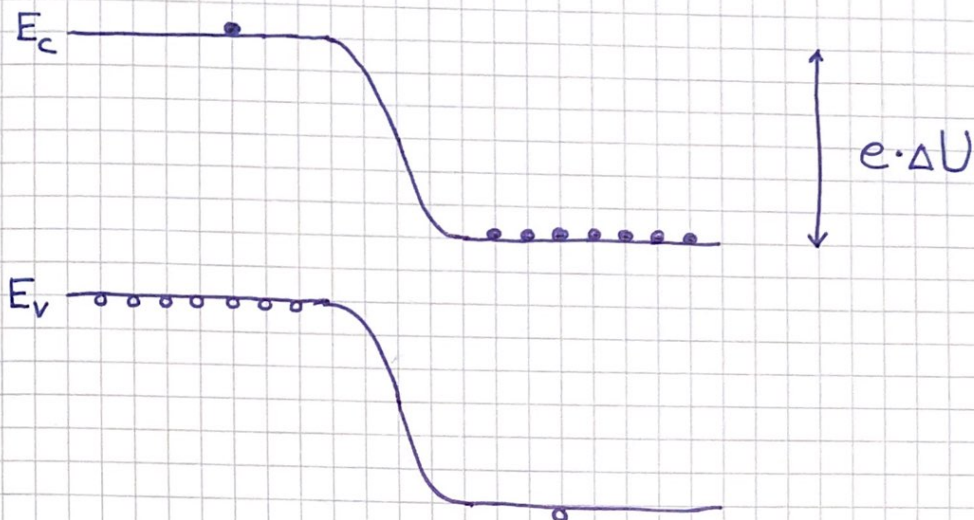


- Konsentrasjonsforskjellene medfører diffusjon av elektroner fra n- mot p-siden og hull motsatt vei.
- Gir negativt ladet p-side og positivt ladet n-side. Får dermed et innebygd elektrisk felt $\vec{E}$ med retning fra n- mot p-siden, og en innebygd potensialforskjell $\Delta U = -\int \vec{E} \cdot d\vec{x}$, med høyest potensial på n-siden og dermed høyest potensiell energi for elektroner på p-siden.
- Kraften $\vec{F} = q\vec{E}$ gir en drift av elektroner fra p- mot n-siden og hull motsatt vei.
- Likevekt er etablert når netto strøm er null, dvs

$$I(\text{diffusjon}) + I(\text{drift}) = 0$$

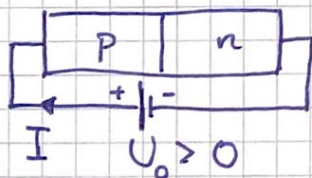
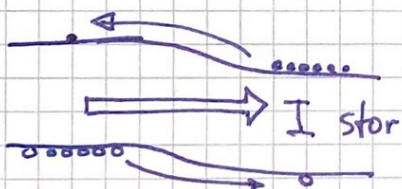
Energibånd når likevekt er etablert:

(54)



En påtrykt spenning U_0 vil nå enten redusere energibarrieren fra $e \cdot \Delta U$ til $e \cdot (\Delta U - U_0)$ og resultere i en stor strøm, av mange elektroner og hull mot hver venstre og høyre; eller øke energibarrieren til $e \cdot (\Delta U + |U_0|)$ og gi en liten strøm, av få elektroner og hull mot hver høyre og venstre.

Positiv forspenning:



Negativ forspenning:

