

- μ_d pohyblivost děr,
- n_e koncentrace elektronů v jednotce objemu,
- μ_e pohyblivost elektronů.

Celkový proud v polovodiči je dán součtem proudu J_E , vznikajícího vlivem elektrického pole, a difúzního proudu J_D , působících ve stejném směru, nebo přesněji součtem jejich proudových hustot ($J = I/S$). Platí

$$J_C = J_E + J_D \quad (2-60)$$

Pásové schéma homogenního polovodiče v elektrickém poli s intenzitou E působí na elektron silou

$$F = -eE \quad (2-61)$$

V homogenním polovodiči. platí Ohmův zákon, pokud elektrony během průletu střední volné dráhy v elektrickém poli nezískají rychlost srovnatelnou s tepelnou rychlostí elektronů.

2.9. Teplotní závislost

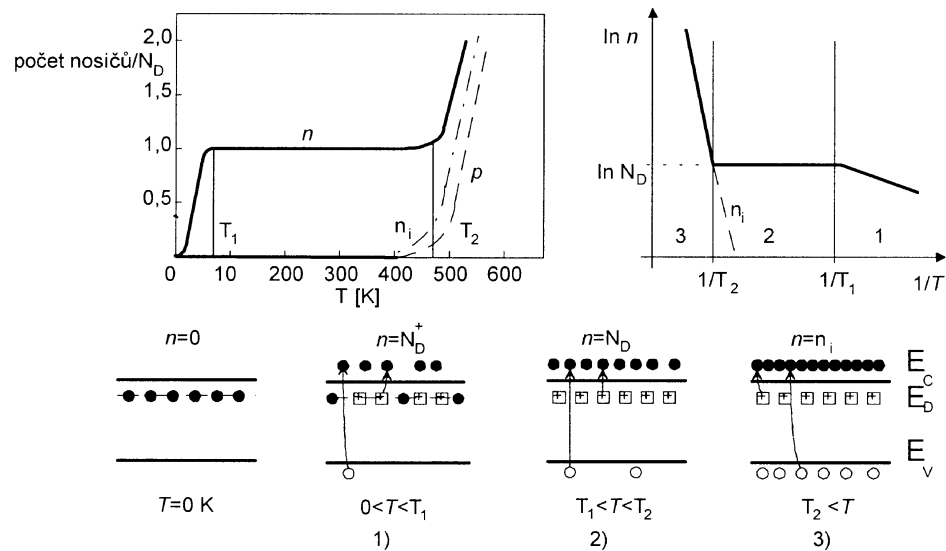
2.9.1. Teplotní závislost koncentrace nosičů náboje v polovodičích

Kromě nevlastní vodivosti má i nevlastní polovodič vlastní vodivost. Je možné odvodit, že za **tepelné rovnováhy** platí mezi koncentrací děr a volných elektronů důležitý vztah:

$$n p = n_i^2 \quad (2-62)$$

Koncentrace volných nosičů náboje závisí na koncentraci donorů a akceptorů, teplotě a pásové struktuře polovodiče. Pro pochopení principů vlastní a nevlastní

vodivosti nám dobře poslouží závislost koncentrace volných nosičů na teplotě např. pro polovodič typu N - viz obr.



Obr. 2-20 Závislost koncentrace nosičů na teplotě u nevlastního polovodiče typu N – pro $N_D=10^{15} \text{ cm}^{-3}$

Při nulové teplotě ($T = 0 \text{ K}$) je koncentrace obou typů nosičů rovna nule. Při zvyšování teploty dochází nejprve k aktivaci nevlastních příměsí, protože lokální hladiny donorů jsou v těsné blízkosti vodivostního pásu. koncentrace volných elektronů je přibližně rovna koncentraci těchto aktivovaných donorů (N_D^+). Při tzv. **první aktivační teplotě** T_1 (pro Si asi 80 K) dochází téměř k plné aktivaci příměsí a při dalším zvyšování teploty až do teploty T_2 je koncentrace nosičů téměř konstantní a rovná koncentraci donorů (N_D).

Při teplotě T_2 , která se nazývá **druhou aktivační teplotou**, dochází k aktivaci mechanismu vlastní generace a z nevlastního polovodiče se stává polovodič vlastní. Oblast mezi první a druhou aktivační teplotou (označenou jako oblast 2 na obr.), tedy přibližně interval 100 až 450 K, vymezuje normální pracovní teplotní rozsah většiny polovodičových součástek (tzv. **extrinzickou teplotní oblast**), kdy se polovodič chová jako nevlastní s poměrně malou závislostí vodivosti na teplotě. Pod první aktivační teplotou se polovodič nachází v **oblasti zamrznutí** (oblast 1) a nad

druhou aktivační teplotou (oblast 3) v **intrinzické teplotní oblasti**. Sklon přímky **$\ln n = f(1/T)$** v oblasti 3 odpovídá aktivační energii, respektive **ΔE_G** .