

1.B PISNI IZPIT IZ FIZIKE TRDNE SNOVI

8. junij 2026

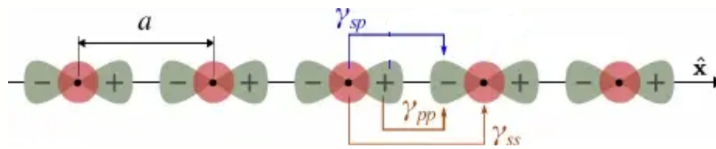
1. V približku tesne vezi obravnavaj verigo atomov, prikazano na skici. V izračunu upoštevaj po eno orbitalo  $s$  (rdeča) in po eno orbitalo  $p_x$  (zelena) na atom. Energije orbital v izoliranem atomu so  $\varepsilon_s = -7 \text{ eV}$  in  $\varepsilon_p = -4 \text{ eV}$ . Vrednosti prekrivalnih integralov med najbližjimi sosedi so

$$\gamma_{ss} = - \int d\mathbf{r} \psi_s^*(\mathbf{r}) \Delta V(\mathbf{r}) \psi_s(\mathbf{r} - a\hat{\mathbf{x}}) = 1 \text{ eV},$$

$$\gamma_{pp} = - \int d\mathbf{r} \psi_{p_x}^*(\mathbf{r}) \Delta V(\mathbf{r}) \psi_{p_x}(\mathbf{r} - a\hat{\mathbf{x}}) = -1 \text{ eV}$$

$$\gamma_{sp} = - \int d\mathbf{r} \psi_s^*(\mathbf{r}) \Delta V(\mathbf{r}) \psi_{p_x}(\mathbf{r} - a\hat{\mathbf{x}}) = -1.5 \text{ eV},$$

kjer je  $a$  mrežna razdalja,  $\hat{\mathbf{x}}$  pa enotski vektor v smeri verige. Prekrivalne integrale med bolj oddaljenimi sosedi ter prekrivalne integrale vrste  $\alpha$  in  $\beta$  zanemari.



- (a) Naj bo  $\gamma_{sp} = 0$ . Izračunaj disperzijo elektronskega pasu, ki ga tvorijo orbitale  $s$ , in disperzijo elektronskega pasu, ki ga tvorijo orbitale  $p_x$ . Nariši obe disperziji. Kolikšna je širina energijske reže med pasovoma?
- (b) Izračunaj in nariši disperziji pasov, ki jih tvorijo orbitale  $s$  in  $p_x$  za primer, ko  $\gamma_{sp}$  zavzame zgoraj navedeno vrednost. Kolikšna je v tem primeru širina energijske reže med pasovoma?
2. Silicij je polprevodnik z energijsko režo  $1.12 \text{ eV}$ . Kristal silicija dopiramo z dvema vrstama primesi: fosforjem s koncentracijo  $N_P = 2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ , ki deluje kot plitvi donor z ionizacijsko energijo  $\Delta\varepsilon_P = 0.045 \text{ eV}$  pod robom prevodnega pasu, in žveplom s koncentracijo  $N_S = 3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ , ki deluje kot globoki donor z ionizacijsko energijo  $\Delta\varepsilon_S = 0.32 \text{ eV}$  pod robom prevodnega pasu. Efektivna gostota stanj v prevodnem pasu pri sobni temperaturi ( $T = 300 \text{ K}$ ) znaša  $N_c = 2 (2\pi m_c^* k_B T / h^2)^{3/2} = 2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ .
- (a) Predpostavi, da so plitvi donorji pri sobni temperaturi popolnoma ionizirani, globoki pa nevtralni. S pomočjo izraza za koncentracijo elektronov v prevodnem pasu oceni položaj kemijskega potenciala.
- (b) Uporabi vrednost kemijskega potenciala iz točke (a) za izračun deleža ioniziranih plitvih in globokih donorjev pri sobni temperaturi. Ali je bila predpostavka iz točke (a) upravičena?
- (c) Poišči boljši približek za delež ioniziranih plitvih in globokih donorjev pri sobni temperaturi.