

Ekscitoni

Matjaž Žganec

23. maj 2008

1 Naloga

Ekscitoni so vezani pari elektron - vrzel, ki jih lahko opazujemo v polprevodnikih. Predpostavi, da prevodni in valenčni pas opišemo z

$$E = \pm \Delta \sqrt{1 + \frac{\hbar^2 k^2}{m\Delta}}, \quad (1)$$

kjer je m masa prostega elektrona in $\Delta = 1$ eV. Oceni vezavno energijo ekscitona, če je dielektrična konstanta $\epsilon = 16$. Pri katerih temperaturah lahko opazujemo ekscitone? (Mihály, naloga 5.5)

2 Rešitev

Predpostavimo, da so energijske ploskve elektrona in vrzeli sferno simetrične in nedegenerirane. Potem lahko vezavno energijo dobimo kar iz Rydbergove enačbe za vodikov atom

$$W = \frac{\mu \epsilon_0^4}{32\pi^2 \epsilon^2 \epsilon_0^2 \hbar^2 n^2}, \quad (2)$$

kjer je μ reducirana masa sistema

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_v^*}. \quad (3)$$

Z m_e^* in m_v^* smo označili efektivni masi elektrona in vrzeli. Določimo ju iz oblike prevodnega in valenčnega pasu

$$\frac{1}{m_{e,v}^*} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{d^2 E}{dk^2}. \quad (4)$$

Ko vstavimo (1), dobimo

$$m_{e,v}^* = \left(1 + \frac{\hbar^2 k^2}{\Delta m}\right)^{3/2} m. \quad (5)$$

Velja še $\mu = m_{e,v}^*/2$. Za vezavno energijo ekscitona v osnovnem stanju $n = 1$ v nizkotemperaturni limiti sledi

$$W = \frac{m_e^4}{64\pi^2\epsilon^2\epsilon_0^2\hbar^2n^2} \left(1 + \frac{\hbar^2k^2}{\Delta m}\right)^{3/2} \rightarrow 0.027 \text{ eV}, \quad (6)$$

kar ustreza temperaturi $T = W/k_B = 308 \text{ K}$. Vzbujena stanja lahko opazujemo še pri nižjih temperaturah.