

پایه نام خدا

رضا آدینه پور
9814303
فیزیک 2 فیزیک الکترونیک

1) یک نیم رسانا نامشخص داریم $E_g = 1.1 \text{ eV}$ و $N_c = N_v$ است. و با 10^{15} cm^{-3} اتم دانه آلیس شده است. تراز انرژی دانه 0.2 eV کمتر از E_c است. اگر تراز E_F به همین 0.25 eV زیر تراز E_c باشد، n_i و چگالی الکترون ها و حفره ها در نیم رسانا را در 300 K محاسبه کنید؟

$$\begin{cases} E_g = 1.1 \text{ eV} \\ N_c = N_v \\ n = 10^{15} \text{ cm}^{-3} \\ E_c - E_d = 0.2 \text{ eV} \\ E_c - E_F = 0.25 \text{ eV} \\ T = 300 \text{ K} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} n &= N_c \cdot e^{\frac{-(E_c - E_F)}{k_B T}} \Rightarrow N_c = n \cdot e^{\frac{E_c - E_F}{k_B T}} = 10^{15} \cdot e^{\frac{0.25 \text{ eV}}{0.0259 \text{ eV}}} \\ &= 1.56 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3} \xrightarrow{N_c = N_v} N_v = 1.56 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3} \\ p &= N_v \cdot e^{\frac{-(E_F - E_v)}{k_B T}} = 1.56 \times 10^{19} \cdot e^{\frac{-0.85 \text{ eV}}{0.0259 \text{ eV}}} = 8.71 \times 10^4 \text{ cm}^{-3} \\ n_i &= \sqrt{np} = 9.35 \times 10^9 \text{ cm}^{-3} \end{aligned}$$

2) a) یک نمونه Si با 10^{16} cm^{-3} اتم بور و تعداد معینی از دانه های سطحی آلیایه شده است. تراز انرژی به میزان 0.36 eV بالاتر از E_i در 300 K است. چگالی N_0 چقدر است؟

b) یک نمونه Si حاوی 10^{16} cm^{-3} اتم ایندیم و تعداد معینی از دانه های سطحی است. تراز انرژی ایندیم 0.16 eV بالاتر از E_v قرار دارد و E_F نیز 0.26 eV بالاتر از E_i در 300 K است. چه تعداد اتم ایندیم (در cm^{-3}) پیوند زده است؟

$$\begin{aligned} \text{a) } n_0 &= n_i \cdot e^{\frac{E_F - E_i}{k_B T}}, \quad n_0 = N_d - N_a \Rightarrow N_d = n_0 + N_a = n_i \cdot e^{\frac{E_F - E_i}{k_B T}} + N_a \\ &= 1.5 \times 10^{10} \cdot e^{\frac{0.36 \text{ eV}}{0.0259 \text{ eV}}} + 10^{16} = 2.63 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \end{aligned}$$

$$\text{b) } f(E_a) = \frac{1}{1 + e^{\frac{E_a - E_F}{k_B T}}} = \frac{1}{1 + e^{\frac{0.26 - 0.36}{0.0259}}} = 0.979$$

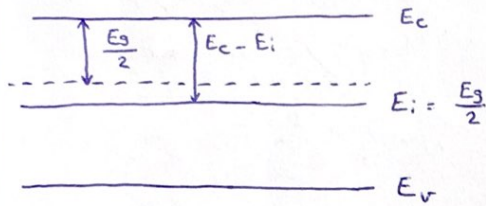
$$\text{تعداد اتم های پیوند زده In: } (1 - f(E_a)) \cdot N_{\text{In}} = 0.021 \times 10^{16} = 2.1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$$

3) رابطه ای را به دست آورید که تراز ذاتی E_i را به وسط گاف انرژی $(\frac{E_g}{2})$ مرتبط می کند. سپس میزان جابجایی E_i نسبت به $\frac{E_g}{2}$ را برای Si در 300 K محاسبه کنید. فرض کنید نیم رسانای مستطیل و حفره به ترتیب 1.1 m_0 و 0.56 m_0 است.

جواب در صفحه بعد
<==

$$N_c \cdot e^{\frac{-(E_c - E_i)}{k_B T}} = \sqrt{N_c \cdot N_v} \cdot e^{\frac{-E_g}{2k_B T}} \Rightarrow e^{\frac{-E_c - E_i + E_g/2}{k_B T}} = \sqrt{\frac{N_v}{N_c}} = \left(\frac{m_p^*}{m_n^*}\right)^{3/4}$$

$$\frac{E_g}{2} - (E_c + E_i) = k_B T \cdot \frac{3}{4} \cdot \ln\left(\frac{m_p^*}{m_n^*}\right) = 0.0259 \cdot \frac{3}{4} \cdot \ln\left(\frac{0.56}{1.1}\right) = -0.013 \text{ eV}$$



④ یک افزاره آلتر وینش به ماده نیم رسانا نوع n نیاز دارد. دما در 400K قرار دارد. آیا Si آلایش شده با 10^{15} cm^{-3} اتم آرسنیک برای این افزاره مفید است؟ آیا می توان از Ge آلایش شده با 10^{16} cm^{-3} اتم آنتیمون استفاده کرد؟

⑤ در یک نیم رسانا جدید $N_v = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ، $N_c = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ، $E_g = 2 \text{ eV}$ است. اگر با 10^{17} اتم دایمایدین (Si) آلایش شده باشد، چنانکه اکثریت، حفره و برابر ذاتی را در 627 درجه سانتیگراد محاسبه کنید. افتار نوار انرژی را رسم کنید و موقعیت E_F را نشان دهید.

$$N_c = 10^{19} \text{ cm}^{-3}, N_v = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

$$E_v = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}, E_g = 2 \text{ eV}$$

$$T = 627^\circ \text{C} = 900 \text{ K}, n = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$n = N_c \cdot e^{\frac{-(E_c - E_F)}{k_B T}} \Rightarrow E_c - E_F = -k_B T \ln\left(\frac{n}{N_c}\right) = -0.078 \text{ eV} \cdot \ln\left(\frac{10^{17}}{10^{19}}\right) = 0.36 \text{ eV}$$

$$E_F - E_v = [(E_c - E_v) - (E_c - E_F)] = [E_g - (E_c - E_F)] = [2 \text{ eV} - 0.36] = 1.64 \text{ eV}$$

$$p = N_v \cdot e^{\frac{-(E_F - E_v)}{k_B T}} = 5 \times 10^{18} \cdot e^{\frac{-1.64}{0.078}} = 3.7 \times 10^9$$

$$n_i = \sqrt{n \cdot p} = 1.9 \times 10^{13}$$

