

① ثابت کنید حداقل رسانایی یک نیم رسانا در $n_0 = n_i \sqrt{\frac{\mu_p}{\mu_n}}$ رخ می دهد.

$$\sigma = q \cdot (n \mu_n + p \mu_p) = q \left(n \mu_n + \frac{n_i^2}{n} \mu_p \right) \Rightarrow \frac{\partial \sigma}{\partial n} = q \cdot \left(\mu_n - \frac{n_i^2}{n^2} \mu_p \right) = 0 \quad \text{برای محاسبه } \sigma_{\min}$$

$$\Rightarrow n_{\min}^2 = n_i^2 \cdot \frac{\mu_p}{\mu_n} \Rightarrow n_{\min} = n_i \sqrt{\frac{\mu_p}{\mu_n}}$$

(b) با استفاده از (a) رابطه برای حداقل رسانایی σ_{\min} بدست آورید.

$$\sigma_{\min} = q \cdot \left(n_{\min} \mu_n + \frac{n_i^2}{n_{\min}} \mu_p \right) = q \cdot \left[n_i \cdot \sqrt{\frac{\mu_p}{\mu_n}} \cdot \mu_n + \frac{n_i^2}{n_i \cdot \sqrt{\frac{\mu_p}{\mu_n}}} \mu_p \right] = 2 \cdot q \cdot n_i \cdot \sqrt{\mu_n \mu_p}$$

(c) σ_{\min} را برای Si در 300K محاسبه کرده و با رسانایی ذاتی مقایسه کنید.

$$\sigma_{\min} = 2 q n_i \sqrt{\mu_n \mu_p} = 2 (1.6 \times 10^{-19}) \times 1.5 \times 10^{10} \times \sqrt{1350 \times 480} = 3.9 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_i = q (n_i \mu_n + n_i \mu_p) = 2 (1.6 \times 10^{-19}) \times 1.5 \times 10^{10} \times \sqrt{1350 \times 480} = 4.4 \times 10^{-6}$$

② یک میله از جنس Si به طول 0.1 cm و سطح مقطع 100 μm^2 با 10^{17} cm^{-3} اتم فوسفور آلوده شده است. جریان را در 300K و در ولتاژ اعمال شده 10V محاسبه کنید. محاسبات را برای میله Si به طول 1 cm تکرار کنید.

$$I = q \cdot A \cdot n \cdot V_s = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-6} \times 10^{17} = 0.16 \text{ A}$$

$$\mathcal{E} = \frac{10^v}{10^{-4} \text{ cm}} = 10^5 \frac{\text{V}}{\text{cm}} \quad \xrightarrow{V_s = 10^7 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}$$

(ب) طبقه طولی که تأثیر الکترون در Si خالص در میان الکترون 100 $\frac{\text{V}}{\text{cm}}$ به طور متوسط 1 μm را نشان کند؟ این کار را برای میدان الکتریکی 10^5 V/cm تکرار کنید.

$$\mu_n = 1350$$

$$V_d = \mu_n \cdot \mathcal{E} = 1350 \times 100 = 1.35 \times 10^5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$t = \frac{L}{V_d} = \frac{10^{-4}}{1.35 \times 10^5} = 7.4 \times 10^{-10} \text{ s} = 0.74 \text{ ns}$$

③ چنانچه جریان را در دو سربس Si به طول $5 \mu m$ که با اکایند نوع ۱ از نوع n به میزان $10^{15} cm^{-3}$ اکایش شده در ولتاژ اعمالی $2.5V$ محاسبه کنید. چنانچه جریان را برابر ولتاژ $2500V$ بدست آورید؟ قابل تشریح اکثریت حفره در ناحیه اهمی بزرگ میدان های الکتریکی کمتر از $10^4 V/cm$ به ترتیب $1500 \frac{cm^2}{V \cdot s}$ و $500 \frac{cm^2}{V \cdot s}$ است. بزرگ میدان های بالاتر، سرعت اشباع اکثریت حفره ها $10^7 cm/s$ است.

for $2.5V$: $\sigma = q \mu_n n_0 \xrightarrow{n_0 \gg n_i} \sigma = 1.6 \times 10^{-19} \times 1500 \times 10^{15} = 0.24$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{0.24} = 4.17 (\Omega \cdot cm)$$

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{4.17 \times 5 \times 10^{-4}}{A} \Rightarrow \frac{I}{A} = \frac{V}{RA} = \frac{2.5V}{2.83 \times 10^{-3}} = 8.82 \times 10^{-2} \frac{A}{cm^2}$$

for $2500V$: $\mathcal{E} = \frac{2500}{5 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^6 \Rightarrow \frac{I}{A} = q \cdot n \cdot V_s = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{15} \times 10^7 = 1.6 \times 10^3 \frac{A}{cm^2}$

④ فرض کنید که یک اکثریت در فرمدهایت در Si با $\mu_n = 1350 \frac{cm^2}{V \cdot s}$ دارا انرژی گرمایی KT به طور که میانگین سرعت حرارتی $E_{th} = \frac{1}{2} m_e V_{th}^2$ است. این اکثریت در میدان الکتریکی $100 V/cm$ قرار می گیرد. چنان چه میدان که سرعت اشباع اکثریت در این حالت در مقایسه با سرعت حرارتی آن کوچک است، محاسبات را بزرگ میدان $10^4 V/cm$ با استفاده از مقدار μ_n داده شده تکرار کنید. در مورد تأثیرات قابلیت تصرف واقعی در میدان های الکتریکی قوی توضیح دهید؟

$$V_d = \mathcal{E} \mu_n = 100 (1350) = 1.35 \times 10^5 \frac{cm}{s}$$

$$\frac{1}{2} m_e V_{th}^2 = KT \Rightarrow V_{th} = \sqrt{\frac{2KT}{m_e}} = 9.54 \times 10^6 \frac{cm}{s}$$

بنابراین: $So, V_d < V_{th}$ for $100 \frac{V}{cm}$