

(1)

7320.

4

Subject:

Year:

Month:

Date:

$$n_i = 2.5 \times 10^{-13} \text{ cm}^{-3}$$

نمونه نیتروژن Ge خالص

$$\mu_n = 3900 \frac{\text{cm}^2}{\text{V.s}}$$

مقاومت دایره؟

$$\mu_p = 1900 \frac{\text{cm}^2}{\text{V.s}}$$

$$\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p)$$

$$\sigma = q n_i (\mu_n + \mu_p) = 1.6 \times 10^{-19} \times 2.5 \times 10^{-13} \times (3900 + 1900)$$

$$232000 \times 10^{-6} = 2.32 \times 10^{-2} \text{ } \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = 43.1 \text{ } \Omega \text{ cm}$$

در حالت ذاتی E_F و E_C برابر هستند (در حالت ذاتی $E_F = E_C$)

$$E_V$$

تمرین ۲: به نیتروژن خالص سیلیسیم 10^{17} cm^{-3} ناخالصی اضافه شده است.

$$n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

(الف) نوع نیتروژن

$$\mu_n = 1080 \frac{\text{cm}^2}{\text{V.s}}$$

(ب) مقاومت محفوف با دایره

$$\mu_p = 320 \frac{\text{cm}^2}{\text{V.s}}$$

(ج) دیالیز با دایره

$$kT = 0.0259 \text{ eV}$$

جواب الف) منفرد شده پیچ شادی است و در این پیچ الکترون فرست است و

ب) نیست به سیلیسیم با چهار الکترون فرست است، یک اتم دهنده و صواب

معلوم ہے کہ نیم ہادی نوع n (نیزاتی) است:

$$n_0 = n_d = 1.17 \text{ cm}^{-3}$$

جواب (ب)

$$\sigma = q n_0 \mu_n = 1.6 \times 10^{-19} \times 1.17 \times 10^{17} = 17.28 \text{ cm}^{-1}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{17.28} = 0.057 \text{ cm}$$

(B) اگر نفاذی کثیف، دانه B به میان 10^{18} cm^{-3} به نیم هادی n فکد خالص امانه شود

۱- نوع نیم هادی

۲- مقاومت دانه

۳- میانگین دانه

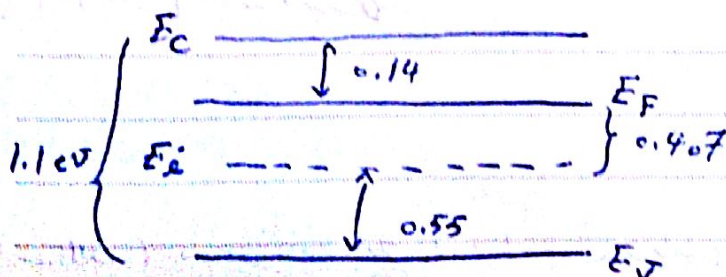
$$n_0 = n_i e^{-(E_i - E_F)/kT}$$

جواب (2)

$$\frac{n_0}{n_i} = e^{-(E_i - E_F)/kT} \Rightarrow -(E_i - E_F) = kT \ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right)$$

$$E_F - E_i = kT \ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) = 0.0259 \text{ eV} \ln \left(\frac{1.17 \text{ cm}^{-3}}{1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}} \right)$$

$$= 0.407 \text{ eV}$$



(2)

Subject:

Year:

Month:

Date:

جواب ۱: B (بور) نسبت به سیسم ندر، ناخالصی نیمه رسانا است چون در لایه

فدریت ۳ اکسیدون دارد در حالی که سیسم ۴ اکسیدون دارد بنابراین

نیمه هادی نوع P است

$$P_0 \approx N_a$$

جواب ۲:

$$\sigma = q P_0 \mu_p = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{18} \times 320 = 51.2 \text{ } \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

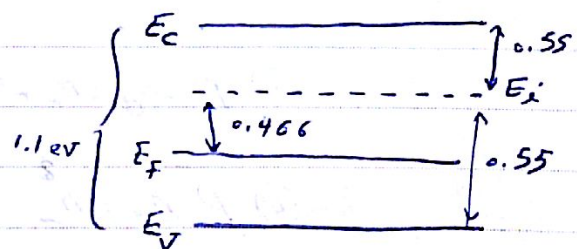
$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{51.2} = 0.019 \text{ } \Omega \text{ cm}$$

جواب ۳:

$$P_0 = n_i e^{-\frac{(E_F - E_i)}{kT}}$$

$$E_i - E_F = kT \ln \left(\frac{P_0}{n_i} \right) = 0.0259 \text{ eV} \ln \left(\frac{10^{18} \text{ cm}^{-3}}{1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}} \right)$$

$$= 0.466 \text{ eV}$$



اگر به نیمه هادی فوق که 10^{17} cm^{-3} ناخالصی فنفر به آن افزوده شده است، 10^{18} cm^{-3}

$$N_d = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

ناخالصی B (بور) نیز افزوده کنیم:

$$N_a = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

لام وایت (بانه از ۷۵)

(۵) نوع نیمه هادی

$$P_0 \neq N_d = n_0 + N_a$$

معادله کلی میان سیسم

(۶) نتایج دست یافته

AAVA

$$\Rightarrow p \approx N_a - N_d \quad \text{نیزه در سطح } p \quad \text{جواب (ا)}$$

$$p \approx 9 \times 10^{17}$$

$$\sigma \approx q p \mu_p = 1.6 \times 10^{-19} \times 9 \times 10^{17} \times 320 = 46.1 \text{ } \Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \quad \text{جواب (ب)}$$

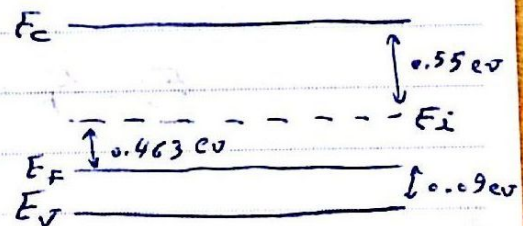
$$r = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{46.1} = 0.022 \text{ } \Omega \text{cm}$$

$$p_0 = n_i e^{-(E_F - E_i)/kT}$$

جواب (د)

$$E_i - E_F = kT \ln \left(\frac{p_0}{n_i} \right) = 0.0259 \times \ln \left(\frac{9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}}{1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}} \right)$$

$$= 0.463 \text{ eV}$$



$$\textcircled{1} p + N_d = n_0 + N_a \Rightarrow \begin{cases} p_0 = N_a - N_d \\ n_0 = N_d - N_a \end{cases}$$

نیزه در سطح ا

$$\textcircled{2} p_0 n_0 = n_i^2 \Rightarrow p_0 = \frac{n_i^2}{n_0}$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \xrightarrow{\text{نیزه در سطح ا}} \frac{n_i^2}{n_0} + N_d = n_0 + N_a \Rightarrow n_0^2 + (N_a - N_d)n_0 - n_i^2 = 0$$

$$n_0 = \frac{-(N_a - N_d) \pm \sqrt{(N_a - N_d)^2 + 4n_i^2}}{2}$$

$$n_0 = \frac{N_d - N_a \pm \sqrt{(N_d - N_a)^2 + 4n_i^2}}{2}$$

AVA

(3)

Subject:

Year:

Month:

Date:

$$(N_d - N_a)^2 \gg 4n_i^2 \quad \Rightarrow \quad N_d - N_a \gg n_i$$

$$n_o \approx N_d - N_a$$

تحدید: نیمه هادی فک، با چگالی ذاتی $n_i = 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$

$$N_a = 2.9 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

الف) نوع نیمه هادی $\Leftarrow$ نیمه هادی نوع n

$$N_d = 3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

ب) مقایسه دیته

$$(N_d - N_a)^2 = (3 \times 10^{10} - 2.9 \times 10^{10})^2 = 10^{18} \text{ cm}^{-6}$$

$$4n_i^2 = 4 \times (1.5 \times 10^{-3})^2 = 9 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-6}$$

$$\frac{(N_d - N_a)^2}{4n_i^2} = 0.001$$

چون نسبت به $4n_i^2$ خیلی کوچکتر است

$$n_o = \frac{N_d - N_a \pm \sqrt{(N_d - N_a)^2 + 4n_i^2}}{2}$$

$$n_o = \frac{N_d - N_a + \sqrt{4n_i^2}}{2} = \frac{N_d - N_a + 2n_i}{2}$$

$$= \frac{N_d - N_a}{2} + n_i = \frac{0.1 \times 10^{10}}{2} + 1.5 \times 10^{-3} = 1.55 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$$

$$p_o n_o = n_i^2 \Rightarrow p_o = \frac{n_i^2}{n_o} = \frac{(1.5 \times 10^{-3})^2}{1.55 \times 10^{-3}} = 0.968 \times 10^{-6} \text{ cm}^{-3}$$

$$\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p) \xrightarrow[\mu_p = 320]{\mu_n = 1080} \text{ ~~3.17 \times 10^{-6}}~~ }$$

$$\sigma = 1.6 \times 10^{-19} (1.55 \times 10^{-3} \times 1080 + 0.968 \times 10^{-6} \times 320) = 3.17 \times 10^{-6}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{3.17 \times 10^{-6}} = 3.15 \times 10^5 \text{ } \Omega \text{ cm}$$

تحدید: در یک نیمه هادی نوع n با مقادیر زیر مقدار $0.6893 \Omega \text{ cm}$

و نتایج حاصل شده است: $(t = 0.01 \text{ m})$

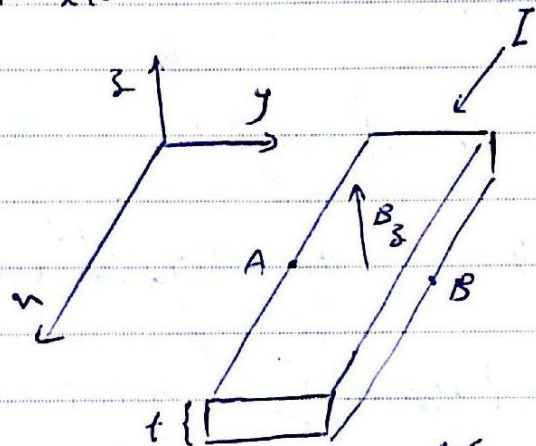
$$\left. \begin{array}{l} N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3} \\ n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3} \end{array} \right\} \Rightarrow n_0 \approx 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

مقدار R_H در یک نیمه هادی نوع n است

$$R_H = \frac{-1}{q n_0} = \frac{-1}{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{17}} = -62.5 \frac{\text{cm}^3}{\text{C}}$$

داده ها

$$\left\{ \begin{array}{l} t = 0.01 \text{ m} \\ I = 10 \text{ A} \\ B_z = 10^{-5} \frac{\text{wb}}{\text{cm}^2} \end{array} \right.$$



$$V = \frac{I B_z R_H}{t} = \frac{10 \text{ A} \times 10^{-5} \frac{\text{wb}}{\text{cm}^2} \times 62.5 \frac{\text{cm}^3}{\text{C}}}{1 \text{ cm}} = -6.25 \times 10^{-3} \text{ V}$$