

تمرین سری پنجم

مساله ۱

در یک پیوند پله‌ای p-n از جنس Si با میزان ناخالصی $N_a = 10^{17} \text{cm}^{-3}$ در سمت p و $N_d = 10^{16} \text{cm}^{-3}$ در سمت n موجود است. در دمای 300K :

آ) ترازهای فرمی را محاسبه کنید و ساختار نوار انرژی را در حالت تعادلی رسم کنید و مقدار V_{bi} را از روی نمودار محاسبه کنید.

ب) با استفاده از رابطه مقابل مقدار V_{bi} را محاسبه کنید و با قسمت (آ) مقایسه کنید.

$$V_{bi} = \frac{K_B T}{q} \ln \frac{N_a N_d}{n_i^2}$$

مساله ۲

با استفاده از روش کاشت یون یک نمونه Si را با $N_d = 10^{16} \text{cm}^{-3}$ ناخالص کرده‌ایم به طوری که پیوند پله‌ای با سطح مقطع $A = 2 \times 10^{-3} \text{cm}^2$ ایجاد شده است. فرض کنید چگالی اتم‌های ناخالصی سمت p به میزان $N_a = 4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ باشد. مقادیر V_{bi} و x_{n0} و x_{p0} و $Q+$ و E_{max} را در دمای 300K در حالت تعادلی محاسبه کنید و سپس نمودار میدان الکتریکی-مکان و چگالی بار-مکان را رسم کنید.

مساله ۳

در یک پیوند $p^+ - n$ سمت n به میزان $N_d = 10^{16} \text{cm}^{-3}$ ناخالص شده است. چنانچه $n_i = 10^{10} \text{cm}^{-3}$ و $\epsilon_r = 12$ و $D_p = 50 \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ و $D_n = 50 \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ و طول عمر الکترون و حفره به ترتیب $\tau_n = 100 \text{ns}$ و $\tau_p = 50 \text{ns}$ باشد مقدار جریان نفوذی حفره را در بایاس $V_a = 0.6 \text{V}$ در فاصله $2 \mu\text{m}$ از لبه ناحیه تخلیه در سمت n را محاسبه کنید. چنانچه آلایش p^+ دو برابر شود این جریان چقدر خواهد شد.

مساله ۴

یک پیوند پله‌ای $p - n^+$ با سطح مقطع $A = 2 \times 10^{-4} \text{cm}^2$ در دمای 300k دارای مشخصات زیر است:

n-side	p-side
$N_d = \text{Very high}$	$N_a = 10^{17} \text{cm}^{-3}$
$\tau_p = 10 \mu\text{s}$	$\tau_n = 0.1 \mu\text{s}$
$\mu_n = 100 \text{cm}^2/\text{Vs}$	$\mu_n = 700 \text{cm}^2/\text{Vs}$
$\mu_p = 450 \text{cm}^2/\text{Vs}$	$\mu_p = 200 \text{cm}^2/\text{Vs}$

در بایاس معکوس 100V مقدار بیشینه میدان الکتریکی، خازن پیوند، کل بار ذخیره شده در سمت p و میدان الکتریکی در فاصله زیاد از ناحیه تخلیه را محاسبه کنید.

مساله ۵

بازدهی تزریق الکترون در یک پیوند توسط رابطه I_n/I در $x_p = 0$ تعریف می‌شود.

(آ) با فرض آن که پیوند توسط رابطه دیود توصیف شود بازدهی تزریق الکترون را بر حسب ثابت نفوذ، طول نفوذ و چگالی باربرهای اقلیت در حالت تعادلی محاسبه کنید.

(ب) نشان دهید که بازدهی تزریق الکترون را می‌توان به صورت رابطه زیر نوشت که در آن اندیس‌های بالایی نشان دهنده نواحی n و p هستند. برای افزایش بازدهی تزریق یک پیوند چه راهکاری وجود دارد؟

$$I_n/I = [1 + L_n^p p_p \mu_p^n / L_p^n n_n \mu_n^p]^{-1}$$

مساله ۶

یک پیوند $p-n$ با سطح مقطع $A = 0.001 \text{ cm}^2$ با $N_a = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ و $N_d = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ را در نظر بگیرید.

(آ) مقدار V_{bi} را محاسبه کنید.

(ب) عرض ناحیه تخلیه را محاسبه کنید.

(پ) جریان را در بایاس مستقیم $V_a = 0.5 \text{ V}$ با فرض آن که جریان غالب نفوذی است و $\mu_n = 1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ و $\mu_p = 450 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ و $\tau_n = \tau_p = 2.5 \text{ ms}$ محاسبه کنید. جریان غالب توسط کدام نوع باربر ایجاد شده است الکترون یا حفره و چرا؟ اگر بخواهیم جریان دو برابر شود چه راهکاری وجود دارد؟

مساله ۷

در یک پیوند $p^+ - n$ میزان تنها میزان N_d را دوبرابر کرده‌ایم و سایر پارامترها ثابت است. توضیح دهید مقادیر زیر هر کدام افزایش می‌یابند یا کاهش.

(آ) خازن پیوند

(ب) ولتاژ داخلی پیوند

(پ) ولتاژ شکست

(ت) اتلاف توان اهمی

مساله ۸

مقدار خازن پیوند را در دیود $n^+ - p$ با مشخصات $N_a = 10^{15} \text{cm}^{-3}$ و $A = 0.001 \text{cm}^2$ در بایاس معکوس $V_a = -1.5 \text{V}$ و $V_a = -10 \text{V}$ محاسبه کنید. نمودار $1/C^2$ بر حسب V_a را رسم کنید. نشان دهید شیب نمودار برابر N_a است. محاسبات فوق را مجدد با $N_a = 10^{17} \text{cm}^{-3}$ تکرار کنید. با توجه به اینکه آرایش سمت n^+ داده نشده است تقریب مناسبی را اتخاذ کنید.