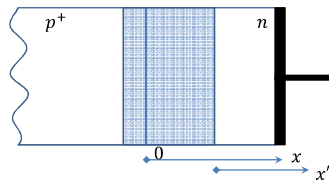


تمرین ۶ - اصول ادوات حالت جامد - تحویل شنبه ۳۰ فروردین

۱ - در دیود ایده آل مطرح شده در کلاس فرض شد که عمق نواحی n و p به مراتب از L_p و L_n بزرگتر است. حال دیود p^+-n ای را در نظر بگیرید که در آن عمق ناحیه n قابل مقایسه با (و یا کمتر از) L_p می باشد. فرض کنید اتصال اهمی پایه n به نحوی است که همواره



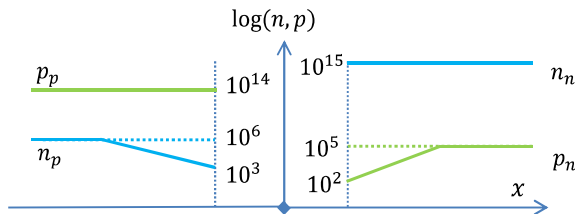
$$\Delta p_n(x = x_b) = 0$$

الف) با حل معادله پیوستگی Δp_n درون ناحیه n بدست آورید و به کمک آن معادلات جریان-ولتاژ دیود پایه کوتاه را بدست آورید.

ب) معادلات کنترل بار را مشابه آنچه در کلاس برای دیود پایه بلند نوشتیم، بنویسید و نشان دهید که جریان نفوذ حفره ها در لبه ی ناحیه تخلیه برابر $I_p = Q_p/\tau_t$ است، که در آن $\tau_t = x_b'^2/2D_p$.

۲ - (تمرین اضافه) چگالی حامل ها در دیود سیلیکانی پله ای در دمای اتاق مطابق شکل روبرو است. اگر بدانیم طول عمر حامل های اقلیت

$$\tau_n = 10^{-8} \text{ sec} \text{ و } \tau_p = 10^{-7} \text{ sec}$$



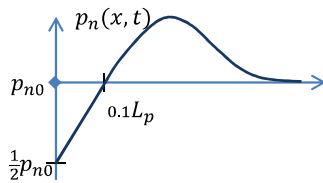
الف) دیود بایاس مستقیم است یا معکوس؟ ولتاژ اعمالی (V_A) چقدر است؟

ب) آیا شرایط تزریق ضعیف برقرار است؟ چرا؟

ج) چگالی ناخالصی در دو طرف چقدر است؟

د) آیا طول نفوذ حامل های اقلیت (L_n و L_p) را می توانید بیابید؟

۳ - چگالی حفره ها در سمت n یک اتصال p^+-n پله ای در دمای اتاق لحظه ای خاص مطابق شکل روبرو است:



الف) آیا بایاس مستقیم است یا معکوس؟ چرا؟

ب) اگر $p_{n0} = 10^3 \text{ cm}^{-3}$ ولتاژ اعمالی چقدر است؟

ج) چه جریانی (مستقیم یا معکوس) از دیود می گذرد؟ اندازه جریان را با فرض $\tau_p = 10^{-7} \text{ s}$ و

$$A = 10^{-4} \text{ cm}^2$$

۴ - خازن بایاس معکوس یک اتصال pn پله ای سیلیکانی (C_J) با سطح مقطع $A = 10^{-5} \text{ cm}^2$ در شکل روبرو رسم شده:

الف) اگر بدانیم ناخالصی یک سمت دیود بسیار بیشتر از سمت دیگرست، چگالی ناخالصی در سمت کمتر دوپ شده را بیابید.

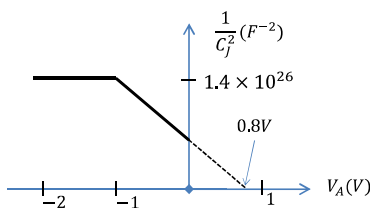
ب) چگالی ناخالصی در سمت بیشتر دوپ شده را بیابید.

ج) پروفایل ناخالصی در سمت کمتر دوپ شده را بیابید (توجه: دوپینگ در مکانی تغییر ناگهانی

می کند، آنجا را بیابید).

د) خازن دیود در بایاس معکوس 0.5 V چقدر است؟

و مقایسه کنید.



۵ - (تمرین اضافه) نمودار $\frac{1}{C_J^2}$ را برای این دو ساختار مساله ۱ و ۳ تمرین ۵ رسم و مقایسه کنید.

۶ - به پرسش های زیر پاسخ دهید:

الف) بحث کنید که شکست زنری در دیود سیلیکانی محتمل تر است یا ژرمانیومی؟ با فرض آن که بیشینه ی میدان در هر دو دیود برابرست.

ب) در درس دیدیم که برای یک اتصال pn پله ای، خازن بایاس معکوس متناسب با $V^{-1/2}$ و برای اتصال با پروفایل ناخالصی خطی متناسب با

$V^{-1/3}$ می باشد. در مدار تیونر تلویزیون ها به خازنی نیاز است که با عکس ولتاژ تغییر کند ($C \propto V^{-1}$). بطور کیفی بیان کنید چه توزیع

ناخالصی لازم است تا چنین نتیجه ای بدهد.

۷- توضیحات: این مساله را برای راستی آزمایی فرض‌های دیود ایده‌آل و تصحیح اشتباهی (احتمالا چاپی!) که در کتاب مرجع و اسلایدهای درس رخ داده اضافه کرده‌ام. ما کل جریان دیود را با جریان نفوذ حامل‌های اقلیت لبه‌ی ناحیه تخلیه تقریب زدیم و از اختلاف این دو، جریان دیگر حامل‌ها (اکثریت) به دست آمد. نکته‌ی اشتباه در اسلایدها این است که جریان حامل‌های اکثریت کلاً به *رانش* نسبت داده شده. درست‌تر آن است که بگوییم جمع جریان *رانش* و *نفوذ* حامل‌های اکثریت است. در واقع چیزی تغییر نمی‌کند فقط در شکل می‌بایست به جای مثلاً J_{ndrift} باشد J_n .

یک اتصال p⁺-n پله‌ای در دمای اتاق در نظر بگیرید که در آن $N_D = 10^{16} \text{cm}^{-3}$ و $\tau_p = 10^{-8} \text{sec}$ و $A = 10^{-4} \text{cm}^2$ فرض کنید ولتاژ اعمالی $23 \frac{kT}{q}$ ($= 0.589V$) است. با صرف نظر از جریان رانش حامل‌های اقلیت به سوالات زیر پاسخ دهید.

- الف) چگالی حفره‌های سمت n بر حسب x را بیابید.
- ب) جریان (نفوذ) حامل‌های اقلیت (حفره‌ها) بر حسب x را بیابید.
- ج) جریان نفوذ و رانش حامل‌های اکثریت بر حسب x را بیابید.
- د) با استفاده از دو قسمت قبل آیا جریان رانش حامل‌های اقلیت را می‌توانید بیابید؟ آنرا با جریان نفوذ حامل‌های اقلیت مقایسه کنید. آیا این که بیرون ناحیه تخلیه میدان غیر صفر است با فرض چگالی بار خالص صفر در تناقض نیست؟
- ه) اگر طول ناحیه‌ی n برابر $20 \mu m$ باشد افت ولتاژ اهمی را محاسبه و با ولتاژ اعمالی مقایسه کنید.