

تمرین ۳ - اصول ادوات حالت جامد - تحویل سه شنبه ۲۰ اسفند

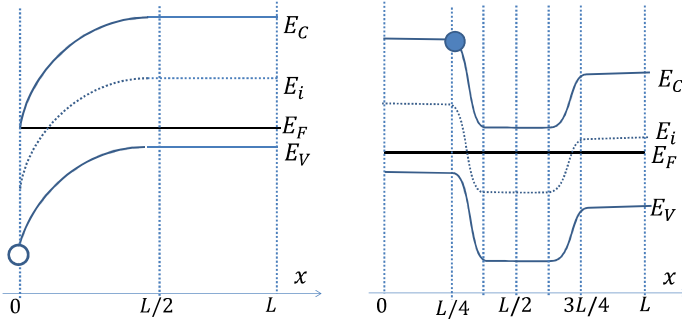
۱ - یک قطعه سیلیکان که در شرایط تعادل با 10^{15} cm^{-3} فسفر دوپ شده را در نظر بگیرید:
 الف) در دمای $T = 300\text{K}$ باندهای انرژی را با نشان دادن مقادیر $(E_C - E_F)$ و $(E_F - E_i)$ رسم کنید.
 الف) در دمای $T = 300\text{K}$ باندهای انرژی را با نشان دادن مقادیر $(E_C - E_F)$ و $(E_F - E_i)$ رسم کنید. به خاطر داشته باشید که N_C و N_V تابع دما هستند. تابعیت E_G سیلیکان از دما را بصورت $E_G = 1.205 - 2.8 \times 10^{-4}T$ در نظر بگیرید. چرا تراز فرمی جابجا می‌شود؟

۲ - برای کاربردی درون تراشه، لازم شده مقاومتی با استفاده از سیلیکان ساخته شود. طراح لازم دارد تابعیت مقاومت از دما را بقدر ممکن کاهش دهد. تراشه در حوالی دمای اتاق کار می‌کند. شما چه پیشنهادی برای طراح دارید؟

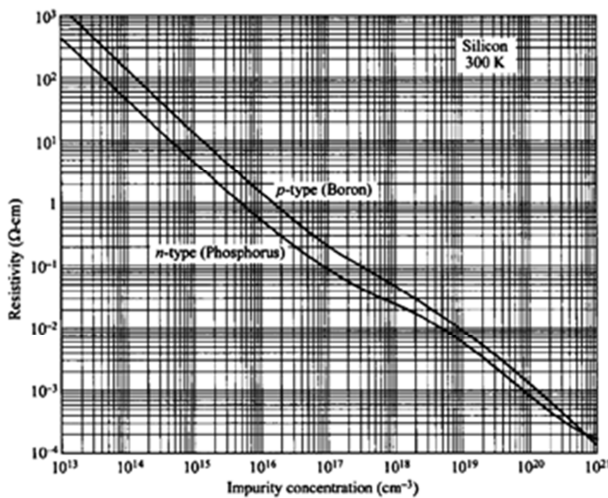
۳ - یک قطعه سیلیکان در دمای اتاق و شرایط تعادل با $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ اتم بور (Boron) دوپ شده است.

الف) چگالی الکترون و حفره n و p را بدست آورید. قطعه نوع n است یا p ؟
 ب) فرض کنید به همان قطعه $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ اتم فسفر اضافه شده است. حال قطعه نوع n است یا p ؟ مقاومت ویژه‌ی قطعه چقدر است؟

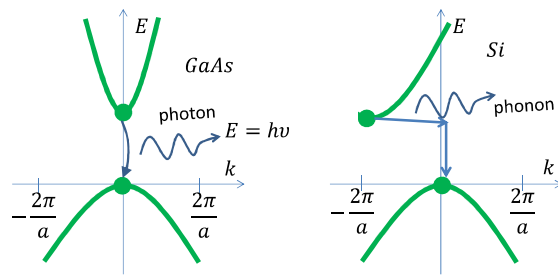
۴ - قطعه‌ای سیلیکانی در دمای اتاق با نمودارهای انرژی زیر در نظر بگیرید و برای هر کدام از این دو به سوالات زیر پاسخ دهید.



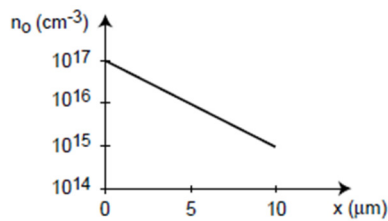
الف) آیا شرایط تعادل برقرار است؟ چرا؟
 ب) پتانسیل الکتریکی (V) و میدان الکتریکی ($\mathcal{E}$) را بر حسب x رسم کنید.
 ج) ذره (الکترون یا حفره)‌ی مشخص شده در شکل بدون از دست دادن انرژی، فاصله‌ی $x = 0 \dots L$ را طی می‌کند. نمودار انرژی جنبشی و پتانسیل ذره را بر حسب x رسم کنید.
 د) نمودارهای تقریبی n و p را بر حسب x رسم کنید.
 ه) نمودارهای جریان نفوذ (J_{diff}) و جریان رانش (J_{drift}) الکترون‌ها را بر حسب x رسم کنید.



۵ - الف) قطعه‌ای سیلیکانی در دمای اتاق با ناخالصی یکنواخت $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ در نظر بگیرید. با استفاده از رابطه‌ی $\sigma = (n\mu_n + p\mu_p)$ منحنی روبرو می‌خوانید، مقایسه کنید.
 ب) این قطعه با اضافه شدن ناخالصی $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ جبران می‌شود. مقاومت ویژه قطعه را حساب کنید. آیا با مقاومت ویژه سیلیکان ذاتی فرق دارد؟ چقدر؟
 ج) می‌خواهیم با یک استوانه‌ی سیلیکانی به سطح مقطع 0.01 cm^2 و طول 1 cm مقاومتی ۵۰۰ اهمی بسازیم. به این قطعه ناخالصی دهنده با چه چگالی باید اضافه شود؟
 د) یک قطعه سیلیکان با ناخالصی اندک $N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ از دمای اتاق تا 100°C درجه سلسیوس گرم می‌شود، آیا مقاومت ویژه‌ی قطعه تغییر می‌کند؟ چرا؟



۶- نمودار ساده شده‌ی انتشار امواج (انرژی-عدد موج) در GaAs و Si در نمودار روبرو نشان داده شده است. (a ثابت شبکه است)
 الف) طول موج فوتون تابشی در GaAs را بدست آورید. عدد موج فوتون تابشی را بدست آورید آنرا با $2\pi/a$ مقایسه کنید.
 ب) انرژی فوتون محصول در تابش Si را بدست آورید و آنرا با انرژی گاف انرژی سیلیکان مقایسه کنید. (سرعت فوتون را برابر سرعت صوت در نظر بگیرید و اطلاعات نیمه‌هادی ها را از ضمیمه کتاب درسی‌تان و یا از <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/Semicond> بگیرید)



۷- قطعه‌ای سیلیکانی در دمای اتاق به طول $10\mu\text{m}$ که توزیع الکترون‌ها در طول قطعه آن بصورت روبرو است؛ در نظر بگیرید.

الف) رابطه تحلیلی برای حامل‌های اقلیت بر حسب مکان را بدست آورده و در نموداری مناسب رسم کنید.

ب) رابطه تحلیلی برای پتانسیل الکترواستاتیک بر حسب مکان را بدست آورده و در نموداری مناسب رسم کنید.

ج) رابطه تحلیلی برای میدان الکتریکی بر حسب مکان را بدست آورده و در نموداری مناسب رسم کنید.

(راهنمایی: نمودار بالا را بصورت تحلیلی بخوانید! $n(x) = 10^{17} \times 10^{-2 \times 10^3 x} [\text{cm}^{-3}]$ (x in cm))