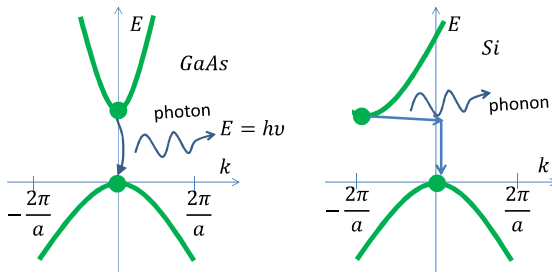


۱. انرژی و ممنتوم فوتون و فونون



نمودار ساده شده انتشار امواج (انرژی-عدد موج) در Si و GaAs در نمودار روبرو نشان داده شده است. (a ثابت شبکه است)

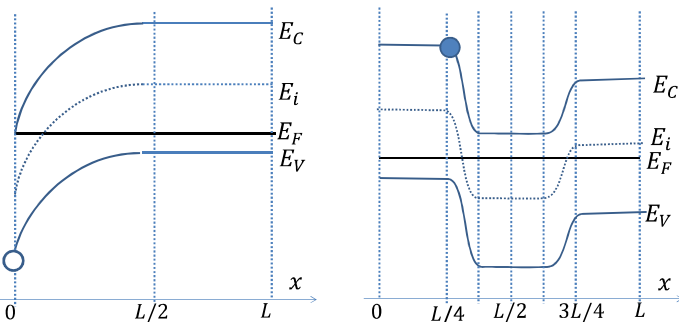
(الف) طول موج فوتون تابشی در GaAs را بدست آورید. عدد موج فوتون تابشی را بدست آورید آنرا با $2\pi/a$ مقایسه کنید.

(ب) انرژی فونون محصول در تابش Si را بدست آورید و آنرا با انرژی گاف انرژی سیلیکان مقایسه کنید. (سرعت فونون را برابر سرعت صوت در نظر بگیرید و اطلاعات نیمه‌هادی‌ها را از ضمیمه کتاب درسی تان و یا از <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/Semicond/> بگیرید)

۲. تاثیر دما

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. رانش و نفوذ و دوپینگ غیریکنواخت (مساله مهم)



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 (E) را بر حسب x رسم کنید.

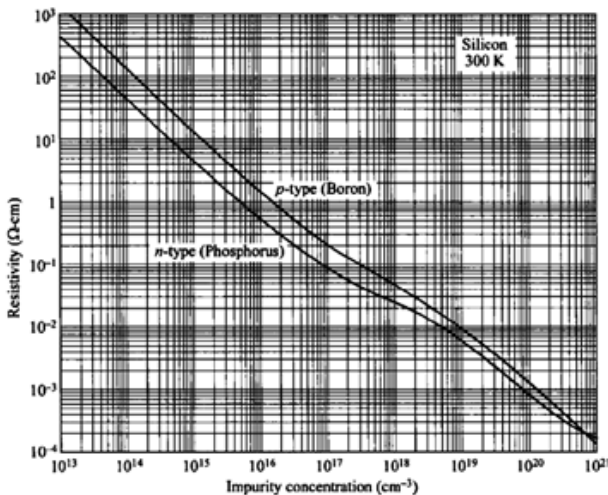
(ج) ذره (الکترون یا حفره) مشخص شده در شکل بدون از دست دادن

انرژی، فاصله $x = 0 \dots L$ 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.

۴. موبیلیتی و مقاومت ویژه



(الف) قطعه‌ای سیلیکانی در دمای اتاق با ناخالصی یکنواخت $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$

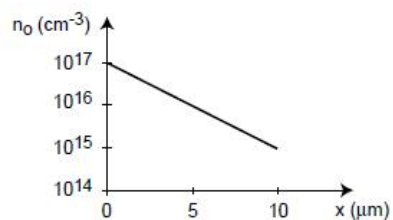
در نظر بگیرید. با استفاده از رابطه $\sigma = (n\mu_n + p\mu_p)$ مقاومت ویژه قطعه را محاسبه و با آنچه از منحنی روبرو می‌خوانید، مقایسه کنید.

(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 استوانه‌ای سیلیکانی به سطح مقطع 0.01 cm^2 و طول 1 cm مقاومتی 500 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 درجه سلسیوس گرم می‌شود، آیا مقاومت ویژه‌ی قطعه تغییر می‌کند؟ چرا؟

(*) ۵. تعادل گرمایی و دوپینگ غیریکنواخت



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)