

اصول ادوات حالت جامد - پانز ۹۷ - تمرین شماره ۴ - کویل مسائل شماره دار از زانی نیت (*)

۱. ساختارهای کریستالی سه بعدی

پارامترهای مختلفی برای چند ساختار کریستالی سه بعدی در جدول زیر آورده است. برای راهنمایی این موارد برای ساختار مکعبی ساده (sc) درج شده است. جدول را با ذکر راه حل تکمیل کنید.

	sc	bcc	fcc	diamond
حجم سلول واحد متعارف (CUC)	a^3	a^3	a^3	a^3
نقطه شبکه در سلول واحد	1			
حجم سلول واحد اولیه (PUC)	a			X
تعداد نزدیک ترین همسایه ها	6			
فاصله با نزدیک ترین همسایه	a			
تعداد دومین همسایه نزدیک	12			
فاصله با دومین همسایه	$\sqrt{2}a$			
Packing fraction	$\pi/6$			

آیا تناسبی بین packing fraction و تعداد نزدیک ترین همسایه (coordination number) مشاهده می کنید؟
(*) حداقل یک سلول واحد اولیه (primitive unit cell) برای ساختار (بزرگترین) رسم کنید.

۲. نمایه های میلر و ساختار کریستالی الیاس و ترانزیستور MOS

کارایی MOSFET به جهت کریستالی سطح و همچنین راستی انتشار جریان بستگی دارد. فرض کنید برای ساخت pMOS (که حوزه حامل جریان اند) دولت باریم سطح Si بهترین چگالی اتمی را داشته باشد. الف) با علم به اینکه ثابت شبکه Si برابر 5.43 \AA است. چگالی سطحی اتم های Si را (بر حسب cm^{-2}) در هر صفحه (100)، (110) و (111) بدست آورید. کدام صفحه را مناسب تر می دانید؟
ب) در جهت های مختلف انتشار جریان از Si به D کدام جهت به نظر شما ارجح است؟ (راهنمایی: توجه کنید جایابی حوزه در واقع جایابی یون های کوالانسی است. به نظر شما کدام جهت مناسب تر است؟)

۳. چگالی حالات و توزیع فرمی

$$\begin{cases} D_c(E) = A(E - E_c) & \text{for } E \geq E_c \\ D_v(E) = \frac{A}{2}(E_v - E) & \text{for } E \leq E_v \end{cases}$$

چگالی حالات یک نیمه هادی ناخالص به صورت رو به دست

که در آن A ثابتی فیزیکی است (در الیون A چیست؟). فرض کنید گاف انرژی 1.1 eV است و در دمای اتاق $T = 300 \text{ K}$ هستیم.

الف) چگالی توزیع الکترون و حفره های بر حسب انرژی ملایم کنید.

ب) رابطه ای برای n_i (چگالی ذاتی ناخالصی) بر حسب A بدست آورید.

ج) کفنی توضیح دهید که E_i (تراز فرمی ماده ذاتی) کجای گاف انرژی قرار می گیرد در میان ما یا بالاتر یا پایین تر!

۴. نمودار E-k و مفهوم جرم مؤثر

گرافیک یک ساختار ۲ بعدی از اتمهای کریستال که گاف انرژی ندارد. اما انرژی زیر لایه ای (مثل Si:C) رسد داده شود گاف انرژی بازمی کند و مانند سایر رسانش و ظرفیت آن با دروازه پذیر قابل بیان اند.

$$E_c = \hbar v_F \sqrt{k^2 + \Delta^2} \quad , \quad E_v = -\hbar v_F \sqrt{(1+\alpha)k^2 + \Delta^2}$$

که در آن k اندازه بطلر موج در بعدی الکترونهای حرکت کننده روی سطح گرافین، Δ ثابت قابل اندازه گیری و v_F سرعت فرمی الکترون ها که در حدود یکهم سرعت نور است.

الف) نمودار فرکانس، گاف انرژی و جرم مؤثر حالت را بدست آورید.

ب) موقعیت E_i در گاف انرژی را بدست آورید. (از معادلات (۳-۲۱) (۳-۲۲) کتاب بر متن استفاده کنید)