

Φυσική & Τεχνολογία Ημιαγωγικών Διατάξεων

1^ο σετ ασκήσεων

Άσκηση 1η

Υπολογίστε (απεικονίστε σε γραφική παράσταση) την ενδογενή συγκέντρωση ηλεκτρονίων n_i για το Si, για θερμοκρασίες: $-250\text{ }^\circ\text{C} \leq \Theta \leq 1000\text{ }^\circ\text{C}$. α) Δίνεται ότι $E_g = 1.12\text{ eV}$, $n_i(300) = 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ β) σε μια καλύτερη προσέγγιση θεωρήστε ότι (για το Si) υπάρχει θερμοκρασιακή εξάρτηση του ενεργειακού χάσματος, που δίνεται από την σχέση: $E_g(T) = E_g(0) - \frac{aT^2}{T+b}$, όπου οι σταθερές (για το Si) είναι: $E_g(0) = 1.166\text{ eV}$, $a = 4.73 \cdot 10^{-4}\text{ eV/K}$, $b = 636\text{ K}$ και γ) θεωρήστε επιπλέον την θερμοκρασιακή εξάρτηση των N_c και N_v (N_c και $N_v \propto T^{3/2}$) κατά τον υπολογισμό του n_i .

Απεικονίστε τα n_i που υπολογίσατε με βάση τις διαφορετικές (τρεις) προσεγγίσεις στο ίδιο διάγραμμα. Με βάση την αναμενόμενη συμπεριφορά του, μπορείτε να επιλέξετε και διαφορετικά διαγράμματα, πέραν του n_i -T σε γραμμικούς άξονες (π.χ. αντί για T το: $1000/T$ ή $1/kT$).

Δίνονται: $K = 8,62 \cdot 10^{-5}\text{ eV/K}$, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Cb}$

Άσκηση 2η

Στην άσκηση αυτή θα μελετήσουμε το φαινόμενο «παγώματος των φορέων» (freeze-out) σε χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς επίσης και την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών στον ημιαγωγό. Για το λόγο αυτό θεωρήστε Si με προσμίξεις αρσενικού (As) συγκέντρωσης $N_d = 10^{16}\text{ cm}^{-3}$, τα οποία αντιστοιχούν σε ενέργεια $E_d : 0.054\text{ eV}$ κάτω από την E_c του πυριτίου.

Αξιοποιώντας τα αποτελέσματα της παρακάτω σχέσης:

$$n_d = N_d - N_d^+ = N_d(1 - f(E_d)) = N_d \frac{1}{1 + 2e^{(E_F - E_d)/kT}}, \text{ όπου } f(E_d) = \frac{1}{1 + \frac{1}{2}e^{(E_d - E_F)/kT}},$$

(που εκφράζει τη συγκέντρωση των ιονισμένων προσμίξεων), καθώς και τα αποτελέσματα της προηγούμενης άσκησης, παραστήσετε γραφικά τη συγκέντρωση των ηλεκτρονίων (τόσο ενδογενών, όσο και λόγω προσμίξεων) ως συνάρτηση της θερμοκρασίας ($-250\text{ }^\circ\text{C} \leq \Theta \leq 1000\text{ }^\circ\text{C}$), καθώς και με την αντίστροφη θερμοκρασία.

Παρατηρήσεις

- Δες και D. Neamen, εξίσωση 4.50 – 4.52 (της αγγλικής έκδοσης)
- Θέλει λίγο προσοχή με τις ενέργειες όταν πρόκειται για eV (γι' αυτό σας δίνεται και το q)
- Για τους υπολογισμούς θα χρειαστείτε να μετατρέψετε τις θερμοκρασίες σε μονάδες απόλυτης θερμοκρασίας (K)
- Πιθανόν θα χρειαστείτε ημι-λογαριθμικές γραφικές παραστάσεις και ίσως σε σχέση με το $1000/T$