

Ορθή και ανάστροφη πόλωση σε επαφή pn και επαφή μετάλλου-ημιαγωγού

- 1) Επιλύστε στο octave τις παρακάτω εξισώσεις (για $T=300K$), με σκοπό να προσδιορίσετε το δομημένο δυναμικό V_{bi} και το βάθος της ζώνης απογύμνωσης W σε επαφή pn από Si και από GaAs.

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_A N_D}{n_i^2}\right)$$

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{q} \left(\frac{N_A + N_D}{N_A N_D}\right) V_{bi}}$$

$$\epsilon_s = \epsilon_r * \epsilon_0$$

$$\epsilon_0 = 8.85 * 10^{-14} \text{ F/cm}$$

$$k = 1.38 * 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$q = 1.6 * 10^{-19} \text{ C}$$

$$T = 300K$$

$$N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_D = 10^{15} * (1+i) \text{ cm}^{-3}$$

όπου i ο αριθμός των 3ων τελευταίων ψηφίων του αριθμού μητρώου σας.

Για το Si: $n_i = 1.45 * 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ και $\epsilon_r = 11.68$

Για το GaAs: $n_i = 1.8 * 10^6 \text{ cm}^{-3}$ και $\epsilon_r = 13.1$

- 2) Απεικονίστε στο octave τις εξής γραφικές παραστάσεις στην περίπτωση επαφής pn Si:
- $I = f(V_d)$, όπου $0.2 \leq V_d \leq 0.6$, η τάση στην ορθή πόλωση
 - $I = f(V_r)$, όπου $-0.8 \leq V_r \leq -0.1$, η τάση στην ανάστροφη πόλωση
 - $I = f(V)$, όπου $-0.1 \leq V \leq 0.1$

Για το ρεύμα I και στις 3 περιπτώσεις ισχύει η σχέση:

$$I = I_s \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right)$$

Όπου $10^{-14} \leq I_s \leq 10^{-12}$ (θεωρήστε το ίσο με 10^{-13} A σε αυτή την άσκηση).

- 3) Απεικονίστε τη γραφική παράσταση της πυκνότητας ρεύματος συναρτήσει της τάσης ορθής πόλωσης ($J = f(V_d)$) και προσδιορίστε την πυκνότητα ρεύματος για τιμή $V_d = (0.25 + 10^{-4} * i)V$, όπου i ο αριθμός των 3ων τελευταίων ψηφίων του αριθμού μητρώου σας, σε μία επαφή μετάλλου ημιαγωγού για την οποία γνωρίζετε ότι:

$$T = 300K$$

$$\phi_{bn} = 0.67V$$

$$0.1 \leq V_d \leq 0.35$$

$$A^* = 120 \text{ A K}^{-2} \text{ cm}^{-2}$$

$$J_{st} = A \cdot T^2 e^{-q \cdot \phi_{bn}/kT}$$

$$J = J_{st} \cdot (e^{qV_d/kT} - 1)$$

- 4) Δίοδος Si pn έχει κάθετη επιφάνεια $A = 1 \text{ mm}^2$, με συγκέντρωση αποδεκτών $2 \cdot 10^{18}$ άτομα βορίου ανά cm^3 στην περιοχή p και συγκέντρωση δοτών $2 \cdot 10^{16}$ άτομα αρσενικού ανά cm^3 στην περιοχή n. Ο χρόνος ζωής των οπών t_h στην n-περιοχή είναι 300ns, ενώ ο χρόνος ζωής των ηλεκτρονίων t_e στην p-περιοχή είναι 50ns. Οι ευκινησίες των φορέων είναι $\mu_e \approx 120 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ και $\mu_p \approx 440 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Υπολογίστε το ρεύμα σε ορθή πόλωση με $V_d = (0.6 + 10^{-4} \cdot i) \text{ V}$, όπου i ο αριθμός των 3ων τελευταίων ψηφίων του αριθμού μητρώου σας. Παρακάτω σας δίνονται οι εξισώσεις που πρέπει να χρησιμοποιήσετε για τον υπολογισμό σας, καθώς και οι τιμές της θερμοκρασίας και της ενδογενούς αγωγιμότητας σε αυτή τη θερμοκρασία για το πυρίτιο.

$$T = 300 \text{ K}$$

$$n_i = 1.45 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$A = 0.01 \text{ cm}^2$$

$$D_e = kT\mu_e/q$$

$$D_h = kT\mu_h/q$$

$$L_e = (D_e t_e)^{1/2}$$

$$L_h = (D_h t_h)^{1/2}$$

$$J_{so} = q n_i^2 D_h / L_h N_d$$

$$I_{so} = A J_{so}$$

$$I = I_{so} (e^{qV_d/kT} - 1)$$

- 5) Ημιαγωγός τύπου p-Si σε θερμοκρασία $T=300 \text{ K}$ έχει χρόνο επανασύνδεσης των φορέων μειονότητας $\tau_n = 10^{-6} \text{ s}$. Το δείγμα φωτοβολείται για μεγάλο χρονικό διάστημα και δημιουργούνται φορείς με ρυθμό $G_\phi = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$. Την στιγμή $t=0 \text{ s}$ σβήνουμε το φως. Υποθέτουμε ότι η φωτεινή πηγή φωτίζει ομοιόμορφα το δείγμα. Δεν εφαρμόζεται κανένα ηλεκτρικό πεδίο. Χρησιμοποιώντας τους παρακάτω τύπους χαράξετε τη γραφική $\Delta n = f(t)$ και υπολογίστε τη μεταβολή της συγκέντρωσης των φορέων μειονότητας για $t = 10^{-8} \cdot (1 + 0.1 \cdot i) \text{ s}$, όπου i ο αριθμός των 3ων τελευταίων ψηφίων του αριθμού μητρώου σας.

$$\Delta n(t = 0) = G_\phi \cdot \tau_n$$

$$\Delta n(t) = \Delta n(t = 0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_n}}$$

Οδηγίες για τη δομή των εργασιών

Στην αρχή κάθε εργασίας είναι απαραίτητο να αναγράφεται το ονοματεπώνυμο και ο αριθμός μητρώου κάθε φοιτητή/τριας. Για την επίλυση κάθε άσκησης χρειάζεται το μαθηματικό υπόβαθρο (οι εξισώσεις που θα χρησιμοποιήσετε και στον κώδικα) και εικόνες του κώδικα που γράψατε, καθώς και των γραφικών παραστάσεων που προέκυψαν. Στο τέλος κάθε άσκησης καλό

Θα ήταν να υπάρχει μια παρατήρηση ή ένα συμπέρασμα που θα αφορά την ορθότητα της καμπύλης που χαράξατε ή του αποτελέσματος που υπολογίσατε.