

Ανάλυση ημιαγωγών στο Octave

Για τις ασκήσεις που ακολουθούν, όπου χρειάζεται προσδιορισμός κάποιου μεγέθους, η τιμή της θερμοκρασίας που θα χρησιμοποιήσετε θα είναι:

- $T = i + 100 \text{ K}$ όπου i ο αριθμός των 3^{ων} τελευταίων ψηφίων του αριθμού μητρώου σας όταν αυτά είναι από 000 έως 650
- $T = i - 300 \text{ K}$ όπου i ο αριθμός των 3^{ων} τελευταίων ψηφίων του αριθμού μητρώου σας όταν αυτά είναι από 651 έως 999

Τα ερωτήματα 1,2,3,4 να υλοποιηθούν για το Si και το GaAs.

1) Επιλύστε στο Octave τις παρακάτω εξισώσεις και απεικονίστε τα ενεργειακά διάκενα των ημιαγωγών.

Στη συνέχεια, ανάλογα με την T που αντιστοιχεί στον αριθμό σας, προσδιορίστε την τιμή του ενεργειακού διακένου για αυτή τη θερμοκρασία στους ημιαγωγούς και αποτυπώστε την τιμή πάνω στο γράφημα (κάθετη ημιευθεία στον άξονα T).

$$E_g = 1.17 - \frac{(4.73 \times 10^{-4})T^2}{(T+636)} \quad \text{για το Si}$$

και

$$E_g = 1.52 - \frac{(5.4 \times 10^{-4})T^2}{(T+204)} \quad \text{για το GaAs}$$

2) Να χαραχθεί η γραφική παράσταση της πυκνότητας ηλεκτρονίων και οπών για τους ημιαγωγούς Si και GaAs συναρτήσει της θερμοκρασίας

$$n = 2 \left(\frac{2\pi m_n kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{E_C - E_F}{kT}} = N_C e^{-\frac{E_C - E_F}{kT}}$$

Όπου N_C είναι η ολική πυκνότητα καταστάσεων στην ζώνη αγωγιμότητας.

$$p = 2 \left(\frac{2\pi m_p kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{E_F - E_V}{kT}} = N_V e^{-\frac{E_F - E_V}{kT}}$$

Όπου N_V είναι η ολική πυκνότητα καταστάσεων στην ζώνη σθένους.

Για τον υπολογισμό των N_C και N_V χρησιμοποιήστε τις εξισώσεις:

$$N_c(T) = N_c(300\text{K}) \left(\frac{T}{300} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$N_v(T) = N_v(300K) \left(\frac{T}{300} \right)^{\frac{3}{2}}$$

Για T= 300K ισχύει:

	Si	GaAs
Nc (cm ⁻³)	3.22x10 ¹⁹	4.21x10 ¹⁷
Nv (cm ⁻³)	1.83x10 ¹⁹	9.52x10 ¹⁸

3) Να χαραχθεί η γραφική παράσταση της πυκνότητας ηλεκτρονίων για έναν ημιαγωγό προσμίξεων για θερμοκρασίες 400-600K.

Για την περιοχή της εξωγενούς αγωγιμότητας (400-410K) ισχύει n= N_D

Για την περιοχή ενδογενούς αγωγιμότητας (>410K) ισχύει: n= N_D + n_i και για το n_i:

$$n_i^2 = N_C N_V e^{-\frac{E_g}{kT}}$$

όπου N_D= 10¹⁵ cm⁻³.

4) Να χαραχθεί η γραφική παράσταση της ενέργειας Fermi (E_F – E_i) συναρτήσει της θερμοκρασίας για έναν ημιαγωγό προσμίξεων για θερμοκρασιακό εύρος 0-600K.

Το επίπεδο Fermi μετρημένο από το ενδογενές επίπεδο Fermi δίνεται από την εξής σχέση:

$$E_F - E_i = kT \ln \left(\frac{n}{n_i} \right) \cong kT \ln \left(\frac{N_D}{n_i} \right)$$

όπου N_D= 10¹⁶ cm⁻³.

5) Να χαραχθεί η γραφική παράσταση του συντελεστή διέλευσης για ηλεκτρόνια ενέργειας E = 0.4eV που συναντούν φραγμό δυναμικού V₀ = 0.5eV συναρτήσει του πάχους του φραγμού (T = f(d)), με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$T = 16 \frac{E}{V_0} \left(1 - \frac{E}{V_0} \right) \exp(-2ad), \text{ όπου}$$

$$a = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (V_0 - E)}, \text{ όπου}$$

d: το πάχος του φραγμού δυναμικού και 1nm ≤ d ≤ 5nm

m : η μάζα του ηλεκτρονίου

\hbar : Ανηγγμένη σταθερά Planck

Να προσδιοριστεί ο συντελεστής διέλευσης για πάχος $d = 1 + 0.004 \cdot i$,

όπου i ο αριθμός των $3^{\text{ων}}$ τελευταίων ψηφίων του αριθμού μητρώου σας.

Προσοχή στις μονάδες μέτρησης του α !

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.