

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΕΛΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΔΗΣ

Διδάσκοντες: Κ. Παρασκευαΐδης, Ι. Ράπτης

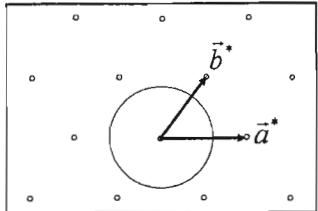
Διάρκεια 2 ½ ώρες

7/7/2010

1) (α) Να σχεδιάσετε το επίπεδο (123) του απλού κυβικού πλέγματος (sc).

(β) Ποιοι είναι οι δείκτες Miller αυτού του επιπέδου ως προς ένα χωροκεντρωμένο κυβικό πλέγμα (bcc) και ως προς ένα εδροκεντρωμένο κυβικό πλέγμα (fcc);

(γ) Να βρείτε τις αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών επιπέδων όταν το πλέγμα είναι sc, fcc και bcc.



2) Το σχήμα δείχνει το αντίστροφο πλέγμα (στις δύο διατάσεις) με θεμελιώδη διανύσματα αντιστρόφου πλέγματος

$$\mathbf{a}^* = (2\pi/a)\hat{x} \text{ και } \mathbf{b}^* = (2\pi/a)\frac{\hat{x} + \sqrt{3}\hat{y}}{2}$$

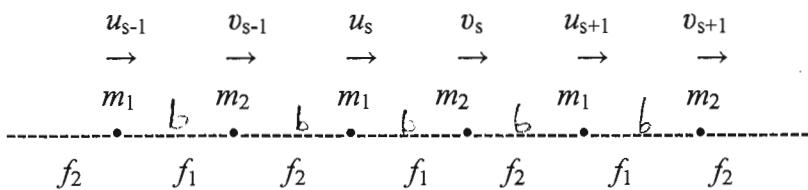
(α) Να βρείτε τα θεμελιώδη διανύσματα μετατόπισης **a** και **b** του αντίστοιχου κρυσταλλικού πλέγματος.

(β) Να σχεδιάσετε την πρώτη, τη δεύτερη και την τρίτη ζώνη Brillouin.

(γ) Ηλεκτρόνια κινούνται σε αυτό το διδάστατο «κενό πλέγμα» [$U(r)=0$]. Ο κύκλος στο σχήμα μας δίνει την καμπύλη σταθερής ενέργειας για την περίπτωση $E = (18 \hbar^2/25m)(\pi/a)^2$. (i) Σε πόσες ζώνες Brillouin υπαρχουν ηλεκτρόνια; (ii) Σχεδιάστε τις καμπύλες σταθερής ενέργειας στη δεύτερη ζώνη Brillouin σε σχήμα ανηγμένης ζώνης. (iii) Πώς τροποποιούνται οι καμπύλες αυτές αν υπάρχει ένα ασθενές δυναμικό $U(r) \neq 0$;

3) Δίνεται μία γραμμική αλυσίδα με άτομα που έχουν μάζες m_1 και m_2 εναλλάξ. Τα άτομα αλληλεπιδρούν μόνο με τους πλησιέστερους γείτονές τους. Οι σταθερές ελατηρίου μεταξύ διαδοχικών μαζών έχουν τις τιμές f_1 και f_2 , όπως δείχνει το σχήμα. Υποθέτουμε ότι αλληλεπιδρούν μόνο οι πλησιέστεροι γείτονες. Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών μαζών είναι b .

Θεωρήστε ότι $f_1 = 2f_2$, $m_1 = 8m_2$.



(α) Να γράψετε τις εξισώσεις κίνησης για τα άτομα με απόκλιση u_s και v_s από τη θέση ισορροπίας τους.

(β) Να βρείτε τη σχέση διασποράς (ω συναρτήσει του q). Να βρείτε τις τιμές του ω στο $q=0$ και στα όρια της ζώνης Brillouin.

(γ) Πώς ταλαντώνεται το σύστημα στα όρια της ζώνης Brillouin;

4) Ο ημιαγωγός GaAs έχει άμεσο ενεργειακό χάσμα $E_g=1.4$ eV, και ενεργές πυκνότητες καταστάσεων για τις στάθμες σθένους και αγωγιμότητας, $N_V=7\times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ και $N_C=4.7\times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, αντίστοιχα, ενώ οι ενεργές μάζες οπών είναι $m_{hh}=0.45m_0$ και $m_{lh}=0.082m_0$, όπου m_0 η μάζα του ελεύθερου ηλεκτρονίου.

(α) Να υπολογιστεί η ενεργός μάζα ηλεκτρονίων στη ζώνη αγωγιμότητας του GaAs.

(β) Να υπολογιστεί η ενδογενής πυκνότητα φορέων του GaAs, σε θερμοκρασία $T=300\text{K}$.

(γ) Εξηγείστε με ποιους φυσικούς μηχανισμούς θα μπορούσαν οι προσμείξεις πυριτίου (Si) να αποτελέσουν προσμείξεις τύπου «Δότες» ή προσμείξεις τύπου «Αποδέκτες», στο GaAs.

(δ) Προσθέτουμε σε καθαρό GaAs προσμείξεις τύπου «Δότες» με συγκέντρωση $N_D=10^{12} \text{ cm}^{-3}$, και ενέργεια ενδοχασματικής κατάστασης, που απέχει 6.5meV από την ζώνη αγωγιμότητας. Χρησιμοποιείστε την προσέγγιση του ολικού ιονισμού των προσμείξεων και υπολογίστε το επίπεδο Fermi, κάνοντας όλες τις εύλογες προσεγγίσεις. Με βάση την τιμή που υπολογίσατε για το επίπεδο Fermi, δείξτε ότι η προσέγγιση του ολικού ιονισμού είναι ικανοποιητική.