

ΦΥΣΙΚΗ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ Καθηγητής: Δ. ΤΡΙΑΝΤΗΣ ΓΡΑΠΤΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΙΟΥΝΙΟΣ 2016	ΕΠΩΝΥΜΟ			
	ΟΝΟΜΑ			
	Α.Μ.		ΕΞΑΜΗΝΟ	

ΘΕΜΑ 1^ο: Μια ράβδος μήκους $\ell = 1\text{cm}$ αποτελείται από υλικό ειδικής αντίστασης $\rho = 0.2\Omega\cdot\text{cm}$. Στα άκρα της ράβδου εφαρμόζεται τάση 2V . Να προσδιοριστεί η πυκνότητα ρεύματος στη ράβδο σε μονάδα A/cm^2 . Με κατάλληλο πείραμα ανιχνεύτηκε ότι οι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος στο υλικό της ράβδου είναι ηλεκτρόνια. Μετρήθηκε η ευκινησία τους και βρέθηκε ίση με $250\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. Να προσδιοριστεί ο μέσος χρόνος σε ms που απαιτείται ώστε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο, να μεταβεί από το ένα άκρο της ράβδου στο άλλο.

Απάντηση:

$$J = \sigma \cdot \epsilon = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{V}{\ell} = \frac{1}{0.2\Omega\text{cm}} \cdot \frac{2\text{V}}{1\text{cm}} = 10 \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Η μέση ταχύτητα ολίσθησης των ηλεκτρονίων } v_d = \mu \cdot \epsilon = 250 \frac{\text{cm}^2}{\text{V}\cdot\text{s}} \cdot 2 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = 500 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\text{Ο ζητούμενος μέσος χρόνος } t = \frac{\ell}{v_d} = \frac{1\text{cm}}{500\text{cm/s}} = 2\text{ms}$$

ΘΕΜΑ 2^ο: Σε κρύσταλλο n-Si μετρήθηκαν τα μεγέθη, ειδική αντίσταση και ευκινησία ηλεκτρονίων στους 300K και βρέθηκαν οι ακόλουθες τιμές: $0.054\Omega\cdot\text{cm}$ και $580\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ αντιστοίχως. Να προσδιοριστεί η συγκέντρωση των δοτών N_D . Στοιχειώδες φορτίο : $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$.

Απάντηση:

Με την παραδοχή ότι οι οπές πρακτικά δεν συνεισφέρουν στην αγωγιμότητα του n-Si και ότι στη θερμοκρασία των 300K όλοι οι δότες είναι ιονισμένοι έχουμε:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = q \cdot \mu_n \cdot N_D \text{ οπότε } N_D = \frac{1}{\rho \cdot q \cdot \mu_n} = \frac{1}{0.054\Omega\text{cm} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}\text{C} \cdot 580 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}} = 2 \cdot 10^{17} \text{cm}^{-3}.$$

ΘΕΜΑ 3^ο: Σε διόδους Si στην περιοχή τάσεων ορθής πόλωσης από 0.20V έως 0.45V η εξίσωση ρεύματος-τάσης περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση: $I_D = I_0 \exp(V_D/V_T)$, όπου I_0 ένα σταθερό ρεύμα και $V_T = kT/q$. Να αποδειχτεί ότι στην ανωτέρω περιοχή τάσεων για να πετύχουμε ρεύμα διόδου 100 φορές μεγαλύτερο, η αύξηση της τάσης της διόδου πρέπει να είναι ίση με $V_T \cdot \ln 100$.

Απάντηση:

Αν ΔV_D η ζητούμενη αύξηση της τάσης της διόδου τότε:

$$I_0 \exp\left(\frac{V_D + \Delta V_D}{V_T}\right) = 100 \cdot I_0 \exp\left(\frac{V_D}{V_T}\right) \text{ ή } \frac{V_D + \Delta V_D}{V_T} - \frac{V_D}{V_T} = \ln 100 \Rightarrow \Delta V_D = V_T \cdot \ln 100$$

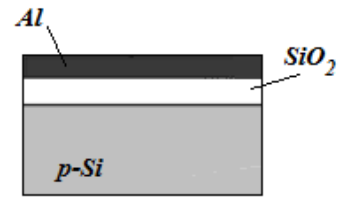
ΘΕΜΑ 4^ο: Τα πειραματικά δεδομένα για διόδους Si καταλήγουν στον ακόλουθο νόμο της μεταβολής του ανάστροφου ρεύματος (I_0) με την θερμοκρασία: $\Delta I_0 = I_0 \cdot \left(2^{\frac{\Delta T}{10}} - 1\right)$, που αντιστοιχεί με διπλασιασμό του I_0 σε μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C ή K. Αν στη θερμοκρασία 20°C η τιμή του I_0 έχει τιμή 200nA , ποια είναι η αντιστοιχη τιμή α) στους 40°C και β) στους 25°C .

Απάντηση:

α) $\Delta T=20K$ άρα $\Delta I_0 = 200nA \cdot (2^2 - 1) = 600nA$, όποτε στους $40^\circ C$ το ανάστροφο ρεύμα θα είναι $200nA + 600nA = 800nA$.

β) $\Delta T=5K$ άρα $\Delta I_0 = 200nA \cdot (2^{1/2} - 1) = 200nA \cdot 0.41 = 83nA$ περίπου, όποτε στους $25^\circ C$ το ανάστροφο ρεύμα θα είναι $200nA + 83nA = 283nA$.

ΘΕΜΑ 5^ο: Στην δομή MIS (*Metal – Insulator – Semiconductor*), (σχήμα 2), εφαρμόζουμε στο μεταλλικό στρώμα Al, θετικό δυναμικό κατάλληλης τιμής, ενώ το ημιαγωγίμο στρώμα p-Si γειώνεται. Εξηγήστε την δημιουργία ακριβώς κάτω από το στρώμα SiO₂, “στρώματος αναστροφής”.



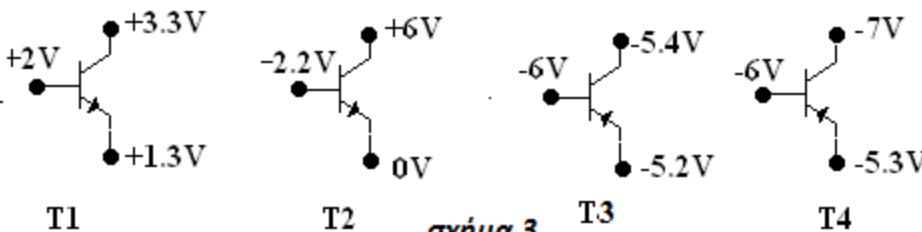
Σχήμα 2

Απάντηση:

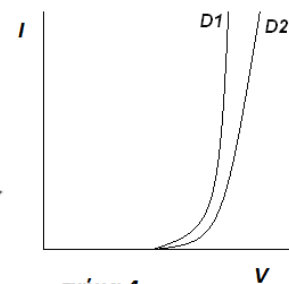
Η παρουσία θετικού δυναμικού στο μεταλλικό στρώμα του Al, έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση θετικού φορτίου στην κάτω επιφάνεια του διηλεκτρικού SiO₂, λόγω επαγωγικού προσανατολισμού των διπόλων του. Αυτή η παρουσία θετικού φορτίου στο σύνορο της περιοχής SiO₂ /p-Si, έχει ως αποτέλεσμα την έλξη και συνακόλουθα την συσσώρευση ελευθέρων ηλεκτρονίων (φορείς μειονότητας) του p-Si, στην περιοχή κάτω από το διηλεκτρικό στρώμα. Αν το θετικό δυναμικό του μεταλλικού στρώματος Al έχει κατάλληλη τιμή τότε τα συσσωρευμένα ηλεκτρόνια κάτω από το SiO₂ θα αποτελούν φορείς πλειονότητας, με αποτέλεσμα αυτή η περιοχή να παρουσιάζει συμπεριφορά n-Si (δημιουργία στρώματος αναστροφής).

ΘΕΜΑ 6^ο: ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

- 1 Η πρόταση: «Ένα BJT με την επαφή CB πολωμένη ορθά και την επαφή και EB πολωμένη ορθά, λειτουργεί στην ενεργή περιοχή», είναι: σωστή, λάθος
- 2 Η τιμή της dc παραμέτρου β ενός npn transistor όταν $I_B=10\mu A$ και $I_E=1mA$ είναι: ίση με 100, πολύ λίγο μικρότερη από 100 πολύ λίγο μεγαλύτερη από 100
- 3 Η περιοχή λειτουργίας ενός npn transistor, όταν $V_{BE} = -0.8V$, $V_{CE} = -0.2V$ και $V_{CC} = -9V$, είναι: Η ενεργή περιοχή, Η περιοχή κόρου, Η περιοχή αποκοπής.
- 4 Η τάση της επαφής βάσης – εκπομπού (V_{BE}), ενός npn transistor, όταν $V_{CB} = +5.5V$ και $V_{CE} = +6V$, έχει τιμή: +10.5 V +0.5V -0.5V -10.5V.
- 5 Η τιμή του ρεύματος εκπομπού I_E ενός npn transistor, όταν η τιμή της dc παραμέτρου $\beta=120$ και το ρεύμα $I_B=40\mu A$ είναι: 4.80mA 4.84mA 3.03mA 3.00mA
- 6 Ποιο από τα 4 transistor (σχήμα 3), λειτουργεί στην περιοχή κόρου; T1 T2 T3 T4



σχήμα 3



σχήμα 4

- 7 Για δεδομένο σημείο πόλωσης Q, η διαγωγιμότητα ενός BJT ισούται: με την κλίση της χαρακτηριστικής I_C-V_{BE} , στο δεδομένο σημείο λειτουργίας Q. με το αντίστροφο της κλίσης της χαρακτηριστικής I_C-V_{BE} , στο δεδομένο σημείο λειτουργίας Q. με την κλίση της χαρακτηριστικής I_C-V_{CE} , στο δεδομένο σημείο λειτουργίας Q. με το αντίστροφο της κλίσης της χαρακτηριστικής I_C-V_{CE} , στο δεδομένο σημείο λειτουργίας Q.
- 8 Η πρόταση: «Το εύρος της περιοχής απογύμνωσης μιας επαφής p-n μειώνεται όσο αυξάνει η τιμή της ανάστροφης τάσης πόλωσης», είναι: σωστή, λάθος
- 9 Σε δίοδο Si, φροντίζουμε να διαρρέεται από σταθερό ρεύμα ορθής φοράς. Όταν συμβεί αύξηση

θερμοκρασίας κατά 10°C , η τάση στα άκρα της:

θα αυξηθεί θα μειωθεί θα παραμείνει σταθερή.

10 Η πρόταση: «Όσο αυξημένη είναι η συγκέντρωση των δοτών σ' ένα δεδομένο ημιαγωγό σε σταθερή θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ευκινησία των ηλεκτρονίων», είναι: σωστή, λάθος

11 Οι χαρακτηριστικές δυο διόδων D1 και D2 παρουσιάζονται στο διάγραμμα του σχήματος 5. Την μεγαλύτερη bulk αντίσταση παρουσιάζει η διάδος:

D1 D2 οι δυο διόδοι έχουν ίσες bulk αντιστάσεις δεν είναι δυνατή η σύγκριση.

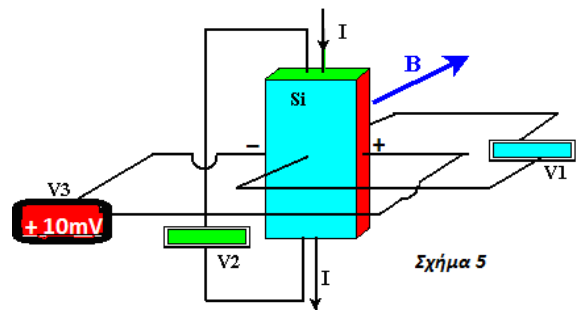
12 Θεωρούμε δυο δείγματα n-Si και p-Si, ίδιας συγκέντρωσης δοτών και αποδεκτών αντίστοιχα. Αν σ_n και σ_p είναι οι αντίστοιχες ειδικές αγωγιμότητες στη θερμοκρασία δωματίου των ανωτέρω δυο δειγμάτων, ποια από τις ακόλουθες σχέσεις είναι σωστή: $\sigma_n = \sigma_p$, $\sigma_n > \sigma_p$, $\sigma_n < \sigma_p$, Τα διαθέσιμα δεδομένα δεν επαρκούν για να γίνει σύγκριση.

13 Η πυκνότητα του ρεύματος διάχυσης των οπών σ' ένα ημιαγωγό περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση: $J_p(x,t) = q \cdot D_p \cdot (dp/dx)$. Η σχέση είναι: σωστή, λάθος.

14 Αν σε n-τύπου Si, προστεθούν προσμίξεις αποδεκτών, τότε η στάθμη Fermi θα μετακινηθεί προς: το μέσο του ενεργειακού χάσματος, τη ζώνη αγωγιμότητας, θα παραμείνει στην αρχική θέση

15 Θεωρείστε ημιαγωγό με ενεργειακό χάσμα 1.15eV , στον οποίο η στάθμη Fermi βρίσκεται 0.15eV κάτω από την βάση της ζώνης αγωγιμότητας. Ο ημιαγωγός είναι: n-τύπου, p-τύπου, παρουσιάζει ενδογενή συμπεριφορά.

16 Θεωρείστε το εποπτικό σχέδιο ενός πειράματος Hall σε δείγμα Si (σχήμα 5). Με δεδομένο ότι η μετρούμενη τάση Hall είναι $+10\text{mV}$, το δείγμα Si είναι: n-τύπου, p-τύπου.

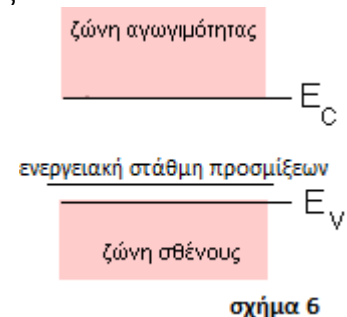


17 Μια προσεγγιστική συσχέτιση της ειδικής αγωγιμότητας σ_i ενδογενούς ημιαγωγού από τη θερμοκρασία περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση: $\sigma = C \cdot \exp(E_g/2kT)$, όπου c μια πρακτικά σταθερή ποσότητα και E_g το ενεργειακό χάσμα του ημιαγωγού. Η σχέση αυτή είναι: σωστή, λάθος.

18 Δείγμα Si έχει προσμίξεις P (5σθενής πρόσμιξη) και βρίσκεται σε θερμοκρασία 300K . Η ενεργειακή στάθμη των προσμίξεων βρίσκεται πλησίον: στη ζώνη αγωγιμότητας, στη ζώνη σθένους, στο μέσο του ενεργειακού χάσματος.

19 Προσμίξεις Ge, σε κρύσταλλο Si συμπεριφέρονται ως: δότες, αποδέκτες ουδέτερες προσμίξεις

20 Το ενεργειακό διάγραμμα ενός ημιαγωγού παρουσιάζεται στο σχήμα 6. Ο ημιαγωγός λόγω εμπλουτισμού του με προσμίξεις, είναι: n-τύπου, p-τύπου.



Απαντήσεις:

- 1 λάθος
- 2 πολύ λίγο μικρότερη από 100
- 3 Η περιοχή κόρου,
- 4 $+0.5\text{V}$
- 5 4.84mA
- 6 T3 T4
- 7 με την κλίση της χαρακτηριστικής $I_C - V_{BE}$, στο δεδομένο σημείο λειτουργίας Q.
- 8 λάθος
- 9 θα μειωθεί

- 10 λάθος
- 11 D2
- 12 $\sigma_n > \sigma_p$,
- 13 λάθος.
- 14 το μέσο του ενεργειακού χάσματος,
- 15 n-τύπου,
- 16 p-τύπου.
- 17 λάθος.
- 18 στη ζώνη αγωγιμότητας,
- 19 ουδέτερες προσμίξεις
- 20 p-τύπου.