

ΦΥΣΙΚΗ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ Καθηγητής: Δ. ΤΡΙΑΝΤΗΣ ΓΡΑΠΤΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ: ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2016	ΕΠΩΝΥΜΟ		
	ΟΝΟΜΑ		
	A.M.		ΕΞΑΜΗΝΟ

ΘΕΜΑ 1^ο (30 μονάδες)

Προκειμένου να κατασκευαστεί μια αγώγιμη λωρίδα μήκους 1mm και διατομής 0.2mm², ποιο από τα υλικά που έχουν καταγραφεί στον πίνακα 1, πρέπει χρησιμοποιηθεί, έτσι ώστε αν στα άκρα της επικρατεί τάση 5V, η ένταση του ρεύματος, να μην ξεπερνά τα 100mA. Να τεκμηριωθεί η απάντηση με υπολογισμούς. Για διευκόλυνση στην απάντηση που θα δώσετε, υπολογίστε τις τιμές της ειδικής αντίστασης των τριών υλικών.

Πίνακας 1

Υλικό	Συγκέντρωση προσμίξεων	Ευκινησία ηλεκτρονίων/οπών
n-Si με προσμίξεις As	$3 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$	$\mu_n = 1300 \text{ cm}^2/\text{V-s}$
p-Si με προσμίξεις B	$2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	$\mu_p = 407 \text{ cm}^2/\text{V-s}$
n-Si με προσμίξεις P	$6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$	$\mu_n = 1245 \text{ cm}^2/\text{V-s}$

Απάντηση

$I < 100\text{mA} \Rightarrow \frac{5\text{V}}{R} < 100\text{mA} \Rightarrow R > \frac{5\text{V}}{100\text{mA}} = 50\Omega$, δηλαδή η αντίσταση της αγώγιμης λωρίδας πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 50Ω.

Δεδομένου ότι $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$, πρέπει $\rho \cdot \frac{\ell}{A} > 50\Omega \Rightarrow \rho > \frac{50\Omega \cdot 0.2\text{mm}^2}{1\text{mm}} \Rightarrow \rho > 10 \Omega \cdot \text{mm}$ ή $\rho > 1 \Omega \cdot \text{cm}$

Υπολογίζουμε τις τιμές ειδικής αντίστασης των τριών υλικών του πίνακα 1 ως ακολούθως:

$$\text{n-Si με προσμίξεις As: } \rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q \cdot \mu_n \cdot N_D} = 1.6\Omega \cdot \text{cm}$$

$$\text{p-Si με προσμίξεις B: } \rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q \cdot \mu_p \cdot N_A} = 0.77\Omega \cdot \text{cm}$$

$$\text{n-Si με προσμίξεις P: } \rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q \cdot \mu_n \cdot N_D} = 0.83\Omega \cdot \text{cm}$$

Με βάση τους ανωτέρω υπολογισμούς τιμή ειδικής αντίστασης $\rho > 1 \Omega \cdot \text{cm}$, διαθέτει το υλικό: n-Si με προσμίξεις As

ΘΕΜΑ 2^ο (12μονάδες)

Σε διόδους Si στην περιοχή τάσεων ορθής πόλωσης από 0.20V έως 0.45V η εξίσωση ρεύματος-τάσης περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση: $I_D = I_0 \exp\left(\frac{V_D}{n \cdot V_T}\right)$, όπου I_0 ένα σταθερό ρεύμα, n ένας συντελεστής και $V_T = kT/q$. Στην ανωτέρω περιοχή τάσεων προκαλώντας μια αύξηση της τάσης $\Delta V_D = 2V_T$, παρατηρούμε ότι το ρεύμα διόδου αυξάνεται 5 φορές. Προσδιορίστε την τιμή του συντελεστή n .

Απάντηση

$$I_0 \exp\left(\frac{V_D + \Delta V_D}{n V_T}\right) = 5 \cdot I_0 \exp\left(\frac{V_D}{n V_T}\right) \quad \frac{V_D + \Delta V_D}{n V_T} - \frac{V_D}{n V_T} = \ln 5 \Rightarrow \frac{\Delta V_D}{n V_T} = \ln 5 \Rightarrow n = \frac{\Delta V_D}{V_T \cdot \ln 5} = \frac{2}{\ln 5} = 1.24$$

ΘΕΜΑ 3° (12 μονάδες)

Τα πειραματικά δεδομένα για διόδους Si καταλήγουν στον ακόλουθο νόμο της μεταβολής του ανάστροφου ρεύματος (I_0) με την θερμοκρασία: $\Delta I_0 = I_0 \cdot \left(2^{\Delta T/10} - 1\right)$, που αντιστοιχεί με διπλασιασμό του I_0 σε μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C ή K. Αν στη θερμοκρασία 30°C η τιμή του I_0 έχει τιμή 100nA , ποια είναι η αντίστοιχη τιμή στους 35°C .

Απάντηση

$\Delta T = 5\text{K}$ άρα $\Delta I_0 = 100\text{nA} \cdot \left(2^{1/2} - 1\right) = 100\text{nA} \cdot 0.41 = 41\text{nA}$, οπότε στους 35°C το ανάστροφο ρεύμα θα είναι $100\text{nA} + 41\text{nA} = 141\text{nA}$.

ΘΕΜΑ 4° (15+10=25 μονάδες)

A) Πως ορίζεται ο συντελεστής α (κέρδος ρεύματος κοινής βάσης) ενός BJT. Να αποδειχτεί η σχέση που συνδέει τον συντελεστή α , με την παράμετρο β του BJT.

B) Πως ορίζεται η διαγωγιμότητα ενός BJT που λειτουργεί στην ενεργή περιοχή, σ' ένα δεδομένο σημείο λειτουργίας. Από τι εξαρτάται.

Απάντηση

A) $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_B + I_C} = \frac{I_C/I_B}{1 + I_C/I_B} = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

B) $g_m = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{BE}} \right|_{I_C = \text{σταθ.}}$

Μπορεί να αποδειχθεί ότι για ένα δεδομένο ρεύμα συλλέκτη I_C η διαγωγιμότητα μπορεί να υπολογιστεί

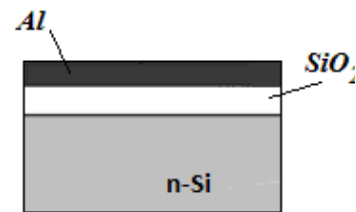
από τη σχέση: $g_m = \frac{I_C}{V_T}$, δηλαδή η διαγωγιμότητα είναι ανάλογη με το ρεύμα πόλωσης I_C

ΘΕΜΑ 5° (12 μονάδες)

Στην δομή MIS (Metal – Insulator – Semiconductor), (σχήμα 1), εφαρμόζουμε στο μεταλλικό στρώμα Al, αρνητικό δυναμικό κατάλληλης τιμής, ενώ το ημιαγωγίμο στρώμα n-Si γειώνεται. Εξηγήστε την δημιουργία ακριβώς κάτω από το στρώμα SiO_2 , “στρώματος αναστροφής”.

Απάντηση

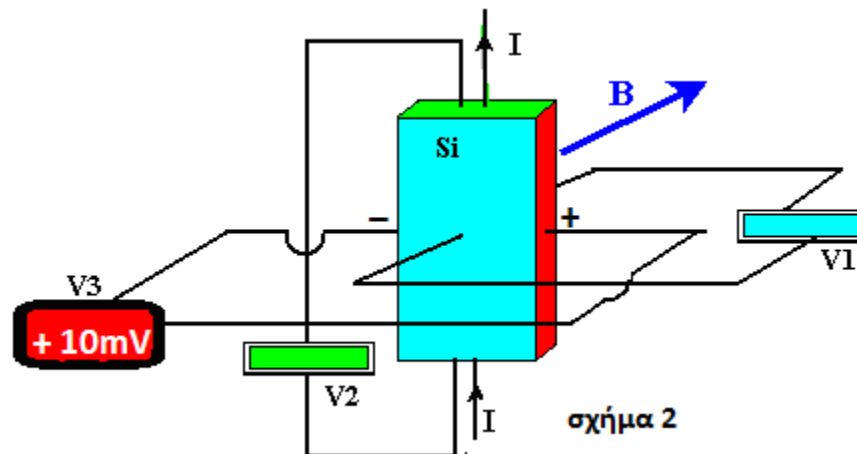
Η παρουσία αρνητικού δυναμικού στο μεταλλικό στρώμα του Al, έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αρνητικού φορτίου στην κάτω επιφάνεια του διηλεκτρικού SiO_2 , λόγω επαγωγικού προσανατολισμού των διπόλων του. Αυτή η παρουσία αρνητικού φορτίου στο σύνορο της περιοχής SiO_2 / n-Si, έχει ως αποτέλεσμα την έλξη και συνακόλουθα την συσσώρευση οπών (φορείς μειονότητας) του n-Si, στην περιοχή κάτω από το διηλεκτρικό στρώμα. Αν το αρνητικό δυναμικό του μεταλλικού στρώματος Al έχει κατάλληλη τιμή τότε οι οπές που συσσωρεύονται κάτω από το SiO_2 θα αποτελούν φορείς πλειονότητας, με αποτέλεσμα αυτή η περιοχή να παρουσιάζει συμπεριφορά p-Si (δημιουργία στρώματος αναστροφής).



σχήμα 1

ΘΕΜΑ 6^ο ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ (30 μονάδες)

1. Η πρόταση: «Όσο αυξημένη είναι η συγκέντρωση των δοτών σ' ένα δεδομένο ημιαγωγό σε σταθερή θερμοκρασία, τόσο μικρότερη θα είναι η ευκινησία των ηλεκτρονίων», είναι: σωστή, λάθος
2. Θεωρείστε ημιαγωγό με ενεργειακό χάσμα 1.15eV, στον οποίο η στάθμη Fermi βρίσκεται 0.08eV πάνω από την οροφή της ζώνης σθένους. Ο ημιαγωγός είναι: n-τύπου, p-τύπου, παρουσιάζει ενδογενή συμπεριφορά.
3. Η πυκνότητα του ρεύματος διάχυσης των ηλεκτρονίων σ' ένα ημιαγωγό περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση: $J_n(x,t) = q \cdot D_n \cdot (dn/dx)$. Η σχέση είναι: σωστή, λάθος.
4. Η περιοχή λειτουργίας ενός ηρη BJT όταν : $V_{BE} = 0.72V$, $V_{CE} \approx +0.19V$ και $V_{CC} = +9V$, είναι: η περιοχή κόρου, η ενεργή περιοχή, η περιοχή αποκοπής.
5. Η τάση συλλέκτη – εκπομπού (V_{CE}), ενός transistor, όταν $V_{BE} = -1V$ και $V_{CB} = 12V$, έχει τιμή: +12V +13V -12V +11V
6. Θεωρείστε το εποπτικό σχέδιο ενός πειράματος Hall σε δείγμα Si (σχήμα 2). Με δεδομένο ότι η μετρούμενη τάση Hall είναι +10mV, το δείγμα Si είναι: n-τύπου, p-τύπου.



-
1. 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
 2. Θεωρείστε ημιαγωγό με ενεργειακό χάσμα 1.15eV, στον οποίο η στάθμη Fermi βρίσκεται 0.08eV κάτω από την βάση της ζώνης αγωγιμότητας. Ο ημιαγωγός είναι: n-τύπου, p-τύπου, παρουσιάζει ενδογενή συμπεριφορά.
 3. 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.

4. Η περιοχή λειτουργίας ενός ηρη BJT όταν : $V_{BE} = 0,32V$, $V_{CE} \approx +9V$ και $V_{CC} = +9V$, είναι: η περιοχή κόρου, η ενεργή περιοχή, η περιοχή αποκοπής.
5. Η τάση της επαφής συλλέκτη – βάσης (V_{CB}), ενός transistor, όταν $V_{BE} = -1V$ και $V_{CE} = 12V$, έχει τιμή: +12V +13V -12V +11V
6. Θεωρείστε το εποπτικό σχέδιο ενός πειράματος Hall σε δείγμα Si (σχήμα 2). Με δεδομένο ότι η μετρούμενη τάση Hall είναι +10mV, το δείγμα Si είναι: n-τύπου, p-τύπου.

