

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ-  
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ**

**Εξέταση του μαθήματος 'Φυσική Ηλεκτρονικών Διατάξεων'**

Αθήνα 5/7/2004

Διάρκεια 2,5 ώρες

- Θέμα 1<sup>ο</sup>** (20%)  
Μία απότομη δίοδος p-n GaAs με ομοιόμορφη κατανομή προσμίξεων σε κάθε πλευρά έχει 20% της όλης περιοχής απογύμνωσης μέσα στην περιοχή p. Το εσωτερικό δυναμικό στους 300K είναι  $V_{bi}=1.2$  V. Για μηδενική πόλωση υπολογίστε :
- A) τις συγκεντρώσεις προσμίξεων  $N_a$ ,  $N_d$ ,
  - B) τα πλάτη περιοχών απογύμνωσης  $x_n$ ,  $x_p$  και
  - Γ) το μέγιστο ηλεκτρικό πεδίο  $E_{max}$

- Θέμα 2<sup>ο</sup>** (25%)  
Ένας πυκνωτής MOS αποτελείται από υπόστρωμα πυριτίου με συγκέντρωση βορίου  $N=5 \cdot 10^{17}$  cm<sup>-3</sup>, 5 nm πάχος διοξειδίου του πυριτίου και πολυκρυσταλλικό πυρίτιο p<sup>+</sup> για υλικό πύλης έτσι ώστε  $|E_f-E_c|=0.05$  eV ( $E_f$  επίπεδο Fermi και  $E_c$  κάτω όριο ζώνης αγωγιμότητας).  
Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν φορτία εντός του οξειδίου υπολογίστε :
- A) την τάση κατωφλίου της διάταξης.
  - B) Για τάση  $V_{GB} = 2$  V μεταξύ πύλης και υποστρώματος υπολογίστε την πτώση τάσης στο οξείδιο και τον ημιαγωγό.

- Θέμα 3<sup>ο</sup>** (30%)  
Ένα τρανζίστορ MOS έχει τάση κατωφλίου -0.4V. Η πηγή και το υπόστρωμα είναι γειωμένα. Η πύλη έχει πολωθεί στα -3V και ο απαγωγός στα -2V. Το πάχος του οξειδίου είναι 10 nm, η συγκέντρωση του υποστρώματος είναι  $N_d=10^{17}$  cm<sup>-3</sup> και  $W/L = 3$  όπου W πλάτος και L μήκος του MOSFET.
- A) Υπολογίστε την τάση επιπέδων ζωνών ( $V_{FB}$ ).
  - B) Σε τι περιοχή λειτουργίας βρίσκεται το τρανζίστορ ? Υπολογίστε το ρεύμα.
  - Γ) Αν το τρανζίστορ περιείχε μία δόση  $10^{12}$  cm<sup>-2</sup> από δότες στην περιοχή του καναλιού πόση θα ήταν η νέα τάση κατωφλίου ? Αν η πόλωση παραμείνει η ίδια σε τί περιοχή λειτουργίας θα είναι η διάταξη ?



**Θέμα 4<sup>ο</sup>**

(25%)

Ενα **npn** τρανζίστορ Si έχει ουδέτερες περιοχές εκπομπού, βάσης και συλλέκτη με πλάτη  $x_E=0.1 \mu\text{m}$ ,  $x_B=0.05 \mu\text{m}$  και  $x_C=0.5 \mu\text{m}$  και αντίστοιχες συγκεντρώσεις προσμίξεων  $N_{dE}=10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ,  $N_{aB}=5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ,  $N_{dC}=5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ . Υποθέστε ότι σε όλες τις περιοχές ο χρόνος ζωής φορέων μειονότητας είναι  $0.2 \mu\text{s}$ .

A) Υπολογίστε τον λόγο ( $I_C/I_E$ ) για λειτουργία στην ορθή ενεργό περιοχή υποθέτοντας ότι η επανασύνδεση φορέων στην βάση και στις περιοχές απογύμνωσης είναι αμελητέα.

B) Υπολογίστε τον λόγο ( $I_C/I_E$ ) για την ανάστροφη ενεργό περιοχή λειτουργίας υποθέτοντας και πάλι αμελητέα επανασύνδεση φορέων στην βάση και στις περιοχές απογύμνωσης.

Υπόδειξη για το ερώτημα (α) Δείξτε πρώτα ότι το μήκος της βάσης και του εκπομπού είναι αμελητέο σε σχέση με την μέση ελεύθερη διαδρομή ηλεκτρονίων και οπών στην βάση και εκπομπό αντίστοιχα.

Αν αυτό ισχύει τότε από την σχέση  $I_C/I_E = \alpha = \alpha_T$  του βιβλίου σας υπολογίστε το  $\alpha_T$

όπως στο βιβλίο και επίσης θεωρείστε χωρίς απόδειξη ότι  $\gamma = \frac{1}{1 + \frac{x_B}{x_E} \frac{N_{aB}}{N_{dE}} \frac{D_{pE}}{D_{nB}}}$

Λίδονται για όλα τα προβλήματα

$\epsilon_{ox}=3.9$ ,  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$ ,  $|q|=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $kT/q=0.026 \text{ V}$ ,

Για πυρίτιο  $\epsilon_s=11.7$ ,  $E_g=1.1 \text{ eV}$   $n_i=10^{10} \text{ cm}^{-3}$  Για GaAs  $\epsilon=13.1$ ,  $n_i=2 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$

