

ΦΥΣΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ (8^ο Εξάμηνο ΣΕΜΦΕ)

Μέτρηση διατάξεων μέσω του διαδικτύου

Διάταξη NMOSFET

Στην άσκηση αυτή θα μετρήσετε ένα πραγματικό τρανζίστορ NMOSFET συνδεδεμένοι μέσω του διαδικτύου με μετρητικό σύστημα που είναι εγκαταστημένο στο MIT.

Επιλέξτε το MOSFET με μήκος καναλιού 3 μm .

- 1) Να πάρετε τις χαρακτηριστικές $I_{DS}(V_{DS})$ μεταβάλλοντας την V_{DS} από 0 μέχρι 4V με βήμα 50 mV. Να πάρετε αυτές τις χαρακτηριστικές έχοντας την τάση V_{GS} σαν παράμετρο. Η V_{GS} να μεταβάλλεται από 0 μέχρι 4 V με βήμα 1V. Η τάση μεταξύ πηγής και υποστρώματος σε όλες τις παραπάνω μετρήσεις $V_{SB}=0$. Διακρίνατε την γραμμική περιοχή και την περιοχή κόρου MOSFET. Κρατείστε τα αποτελέσματα που πήρατε.
- 2) Μπορείτε στην συνέχεια να πάρετε τις χαρακτηριστικές $I_{DS}(V_{GS})$ (V_{GS} , 0 \rightarrow 4V, 50mV) χρησιμοποιώντας σαν παράμετρο την V_{DS} (0 \rightarrow 4V με βήμα 1 V). Κρατείστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων.
- 3) Υπολογίστε στην συνέχεια την τάση κατωφλίου του τρανζίστορ. Μπείτε να χρησιμοποιήσετε 2 μεθόδους

$$A) I_{DS} = \frac{W \cdot \mu_n C_{ox}}{L} (V_G - V_T) V_{DS} \quad (1)$$

Η σχέση αυτή ισχύει με καλή προσέγγιση στην γραμμική περιοχή λειτουργίας της διάταξης (συμβουλευτείτε τις σημειώσεις του μαθήματος).

Βήμα 1 Θεωρείστε μια μικρή τιμή του $V_{DS}=50$ mV ώστε να ισχύει η σχέση (1). Κρατώντας σταθερή την τιμή της V_{DS} πάρτε την χαρακτηριστική $I_{DS}(V_{GS})$ (V_{GS} , 0 \rightarrow 4V, 50mV) και σχεδιάστε τα αποτελέσματα σε γραμμικούς άξονες.

Βήμα 2 Η ευθεία που προκύπτει αν φέρετε την εφαπτομένη ευθεία της καμπύλης που μετρήσατε 0.5 V πάνω από την τιμή της τάσης που αντιστοιχεί σε μηδενικό ρεύμα αντιπροσωπεύει την (1). Στο σημείο που η ευθεία αυτή τέμνει τον οριζόντιο άξονα έχουμε την τιμή της τάσης κατωφλίου.

(Μπορείτε αντί να θεωρήσετε την αυθαίρετη τιμή του 0.5V να βρείτε από την καμπύλη της διαγωγιμότητας την τάση V_{GS} που η διαγωγιμότητα γίνεται μέγιστη. Σχεδιάστε λοιπόν την συνάρτηση διαγωγιμότητας με το V_{GS} και βρείτε που γίνεται μέγιστη. Στην τιμή αυτή της τάσης φέρτε την εφαπτομένη.)

Παρατήρηση

Παρατηρείστε ότι για μεγάλες τιμές του V_{GS} η καμπύλη μέτρησης περνάει από κάτω από την εφαπτομένη που χαράξατε. Αυτό οφείλεται στο ότι η ευκινησία που εμφανίζεται στην σχέση (1) δεν είναι στην πραγματικότητα σταθερή αλλά ελαττώνεται καθώς αυξάνει η V_{GS} . Πράγματι η τιμή της ευκινησίας ελαττώνεται καθώς τα ηλεκτρόνια 'σπρώχνονται' από το κάθετο ηλεκτρικό πεδίο στην διεπιφάνεια Si/SiO₂ αυξάνοντας τις σκεδάσεις που υφίστανται από αυτήν.

B) Μία δεύτερη μέθοδος υπολογισμού της τάσης κατωφλίου μπορεί να γίνει θεωρώντας την παρακάτω σχέση που ισχύει στην περιοχή κόρου.

$$I_{DS} = \frac{W\mu_n C_{ox}}{2L} (V_G - V_T)^2 \quad (2)$$

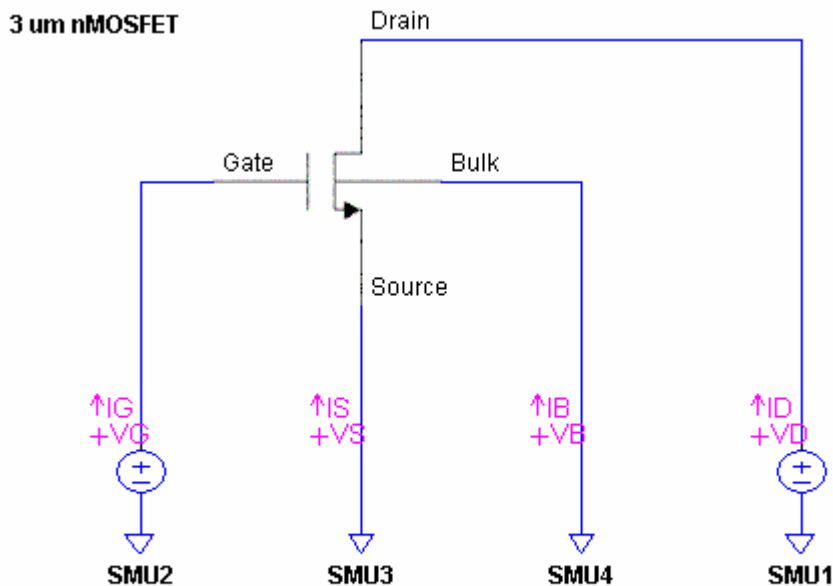
Η σχέση αυτή (βλ. Σημειώσεις μαθήματος) ισχύει στην περιοχή κόρου όπου το ρεύμα είναι σταθερό.

Βήμα 1 Θεωρείστε λοιπόν μια τιμή της τάσης V_{DS} (3V) που από τις χαρακτηριστικές που πήρατε στο ερώτημα 1 η διάταξη είναι σε κόρο για όλες τις τιμές του V_{GS} .

Πολώστε με $V_{DS}=3V$ την διάταξη και πάρτε την χαρακτηριστική $I_{DS}(V_{GS})$ μεταβάλλοντας το V_{GS} από 0 μέχρι 4V με βήμα 50 mV.

Βήμα 2 Σχεδιάστε ακολουθως τη $\sqrt{I_{DS}}$ (V_{GS}) και δείτε που αυτή τέμνει τον οριζόντιο άξονα. Συνάγετε την τιμή της τάσης κατωφλίου.

4) Επαναλάβετε το ερώτημα (3A) για υπολογισμό της τάσης κατωφλίου του τρανζίστορ αλλάζοντας την τιμή του δυναμικού του υποστρώματος V_B από 0V σε -1V και -2V. Υπολογίστε την τάση κατωφλίου στις περιπτώσεις αυτές. Τι παρατηρείτε ?



Διάταξη διόδου p-n

Συνδεθείτε με το weblab του MIT και επιλέξτε την δίοδο p-n.

Μεταβάλλοντας την τάση στα άκρα της διόδου από -1 σε 1V μετρήστε το διερχόμενο ρεύμα.

Σχεδιάστε την χαρακτηριστική I-V σε γραμμικούς άξονες και ημιλογαριθμικούς άξονες. Αφού πάρετε τα δεδομένα από το εργαστήριο σχεδιάστε και μόνοι σας τις παραπάνω καμπύλες.

Η ιδανική χαρακτηριστική της διόδου είναι

$$I = I_s (e^{qV/kT} - 1) \quad (3)$$

Συγκρίνατε τα αποτελέσματα που πήρατε με την ιδανική χαρακτηριστική σχ. (3). Για να βρείτε την ιδανική χαρακτηριστική βρείτε το αντίστροφο ρεύμα κόρου από την πειραματική σας καμπύλη.

Σχολιάστε πιθανές αποκλίσεις στο αρχικό τμήμα της χαρακτηριστικής (πριν εμφανισθεί ελαφρό φαινόμενο κόρου του ρεύματος στην χαρακτηριστική) από την ιδανική χαρακτηριστική. Για το αρχικό αυτό τμήμα της χαρακτηριστικής λάβετε υπόψη το φαινόμενο γένεσης επανασύνδεσης φορέων στην περιοχή απογύμνωσης. Ανατρέξτε στον συντελεστή ιδεατότητας.

Για μεγαλύτερες τιμές της τάσης εμφανίζεται φαινόμενο ελαφρού κόρου στο ρεύμα (ελαττώνεται ο ρυθμός αύξησης του ρεύματος με την τάση όταν συγκρίνετε την θεωρητική ιδανική χαρακτηριστική της διόδου με τις μετρήσεις σας).

Παρατηρείστε το στην χαρακτηριστική σας και ερμηνεύστε το με βάση τις σειριακές αντιστάσεις της διόδου.

pn diode

