

תרגיל בית 2

מוביליות משתנה ומתח תת-סף

- עבור שאלה מספר 1 לכתוב קוד, אופן ההגשה – יש לצרף את הגרפים לקובץ ההגשה ולצרף את קובץ הקוד

שאלה 1

נתון טרנזיסטור MOSFET בעל מצע מסוג p-type.

נתון:

$$\epsilon_c = 6.1 \cdot 10^4 \frac{V}{cm}; V_G = 1 V; V_T = 0.3 V;$$

$$M = 1.18; \mu_n = 1450 \frac{cm^2}{Vs}; C_{ox} = 20 \frac{nF}{cm^2}; z/L = 12$$

א. השפעת היחס בין השדה למהירות נושאי המטען

a. שרטט עקומת V_{Dsat} כתלות ברוחב התעלה על-פי המודל הלינארי למקוטעין, ואת המודל על-פיו $n = 1$ (בנוסחה 1 הרצאה 4).

ערכי רוחב התעלה (L) שיש לקחת בחשבון הם מ $0.05 [\mu m]$ עד $20 [\mu m]$.
מה ניתן להסיק על התלות בין אורך התעלה ו V_{Dsat} ?

b. שרטט עקומת I_{Dsat} כתלות ברוחב התעלה על-פי המודל הלינארי למקוטעין ואת המודל על-פיו $n = 1$ (בנוסחה 1 הרצאה 4).

ערכי רוחב התעלה (L) שיש לקחת בחשבון הם מ $0.05 [\mu m]$ עד $100 [\mu m]$. יש לקחת בחשבון את ערכי V_{Dsat} שחושבו בסעיף הקודם.

מה ניתן להסיק על התלות בין אורך התעלה ו I_{Dsat} ?

ב. השפעת הקיבול

נתון:

$$\varphi_B = 0.33 [V], N_A = 6 \cdot 10^{19} [cm^{-3}]$$

הפרמטר M ניתן לחישוב מתוך הקבועים של הטרנזיסטור (הרצאה 3 משוואות 35-37)

$$M = 1 + \frac{K}{2\sqrt{\varphi_B}}$$

$$K = \sqrt{q N_A \epsilon_s} / C_{ox} \quad \text{כאשר:}$$

$$C_{ox} = \epsilon_s / d$$

עבור $L = 5 [\mu m]$ וקיבול משתנה

a. שרטט עקומת I_{Dsat} כתלות בעובי החומר הדיאלקטרי, על-פי המודל הלינארי למקוטעין. ערכי עובי החומר הדיאלקטרי (d) שיש לקחת בחשבון הם מ $1 [nm]$ עד $50 [nm]$. הנח כי $\epsilon_i = 3.9$

מה ניתן להסיק על התלות בין עובי החומר הדיאלקטרי ו I_{Dsat} ?

b. שרטט עקומת I_{Dsat} כתלות במקדם הדיאלקטרי, על-פי המודל הלינארי למקוטעין. ערכי המקדם הדיאלקטרי (ϵ_i) שיש לקחת בחשבון הם מ 3 עד 30. הנח כי $d = 20 [nm]$

מה ניתן להסיק על התלות בין המקדם הדיאלקטרי ו I_{Dsat} ?

ג. השפעת מתח השער

$$C_{ox} = 20 \frac{nF}{cm^2} \quad \text{עבור } L = 5 [\mu m]$$

- a. שרטט עקומת V_{Dsat} כתלות ב- $V_G - V_T$ על-פי המודל הלינארי למקוטעין. ערכי V_G שיש לקחת בחשבון הם מ- $0.5 V$ ל- $5 V$
מה ניתן להסיק על התלות בין V_G ו- V_{Dsat} ?
- b. שרטט עקומת I_{Dsat} כתלות ב- $V_G - V_T$ על-פי המודל הלינארי למקוטעין. ערכי V_G שיש לקחת בחשבון הם מ- $0.5 V$ ל- $5 V$
מה ניתן להסיק על התלות בין V_G ו- I_{Dsat} ?

שאלה 2- MOSFET V_t :

תעלה מסוג N-MOSFET עם שער N+-poly, תוכננה על מצע סילקון P-type $15 \Omega \text{ cm}$, עם צפיפות מטען של התחמוצת $q \times 8 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$

ונתון:

$$W = 50 \mu\text{m}, L = 2 \mu\text{m}, T_{ox} = 5 \text{ nm}.$$

$$N_A = 6 \cdot 10^{15} [\text{cm}^{-3}]$$

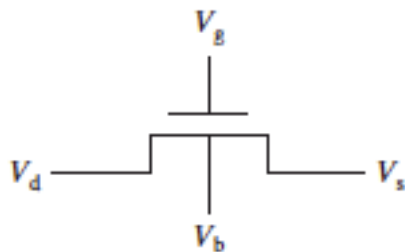
$$\varphi_{PS} \approx 4.05 [V]$$

$$\varphi_{PS} - \varphi_S = -0.89 [V]$$

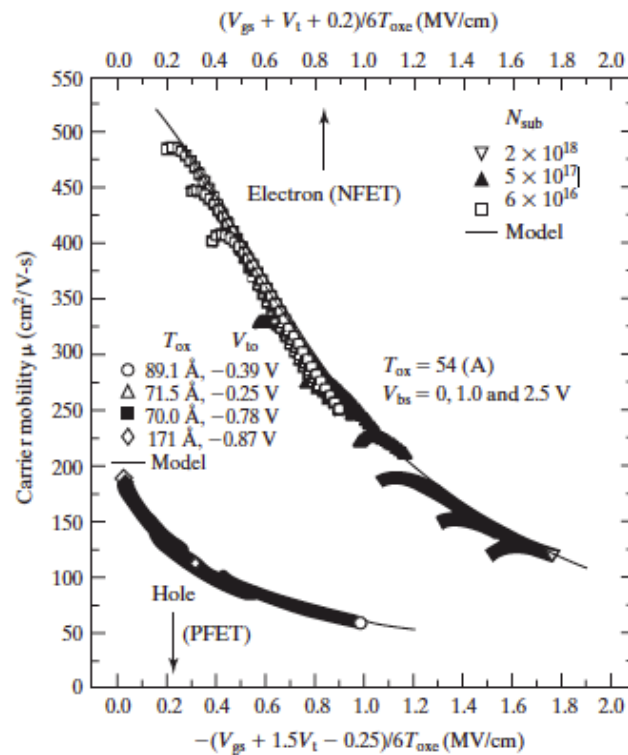
1. חשב את V_{fb}
2. מה הוא מתח הסף V_t
3. מהנדס התקנים התבקש לתכנן טרנזיסטור N-MOSFET עם $V_t = 0.5 V$ כך שלא ניתן לשנות את עובי תחמוצת השער. איזה פתרונות המהנדס יכול להציע? הצע שתי דרכים לענות על הדרישה ההנדסית ופרט כיצד ניתן לבצען (באילו מערכות ותהליכים יש להשתמש לשם כך).

שאלה 3-מתח סף COMS

נתונים N-MOSFET ו P-MOSFET עם מצע בעל ריכוז סימום של $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ (P-type עבור מצע N-MOSFET ו N-type עבור מצע P-MOSFET)
עובי שכבת התחמוצת של השער היא 5 nm .
 $\varphi_{PS} \approx 4.05 [V]$



1. מצע את V_t עבור N-MOSFET כאשר משתמשים ב N^+ poly-Si לתכנון אלקטרודת השער.
2. מצע את V_t עבור P-MOSFET כאשר משתמשים ב N^+ poly-Si לתכנון אלקטרודת השער.
3. מצע את V_t עבור P-MOSFET כאשר משתמשים ב P^+ poly-Si לתכנון אלקטרודת השער.
4. נניח ששני המתחים היחידים שקיימים בשבב הם מתח drain שהוא $V_{dd} = 2.5\text{ V}$, וההארקה 0 V , אילו מתח יש להחיל על כל אחד מהטרמינלים V_G , V_b , V_s , כדי לקבל זרם I_{SD} מינימלי בטרנזיסטור N-MOSFET? (כאשר V_d שווה ל 2.5 V וולט)
5. נניח ששני המתחים היחידים שקיימים בשבב הם מתח source שהוא $V_s = 2.5\text{ V}$, וההארקה 0 V , אילו מתח יש להחיל על כל אחד מהטרמינלים V_G , V_d , V_b , כדי לקבל זרם I_{SD} מקסימלי בטרנזיסטור P-MOSFET? (כאשר V_s שווה ל 2.5 V וולט)
6. למי מבין שני הטרנזיסטורים (2) או (3) יש את זרם הרוויה הגדול יותר?
בהנחה שמתח האספקה הוא 2.5 V וולט, מצא את היחס בין זרם הרוויה של טרנזיסטור (2) לזה של טרנזיסטור (3).
7. מה היחס בין זרם הרוויה של טרנזיסטור (3) לזה של טרנזיסטור (1)?
השתמש בערכי הניידות באיור 2.



איור 2 : המוביליות האפקטיבית של אלקטרונים וחורים בתוך שכבת היפוך כתלות בגודל השדה הניצב עבור ריכוזי מזהמים שונים.