

תרגיל בית 4**Nonvolatile memories - עמידים-זיכרונות**

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

שאלה 1

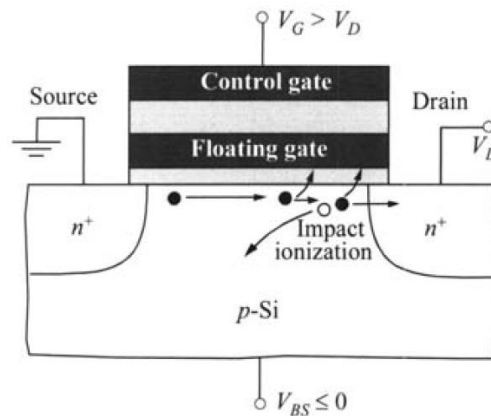
עבור התקן זיכרון שער צף (floating-gate nonvolatile memory device) באיור 1.

הזרקת המטען אל השער הצף מבוססת על מינהור ומתוארת על ידי:

$$J = C \varepsilon_1^2 \exp\left(-\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_1}\right) \quad (1)$$

כאשר $\varepsilon_0 = 270 \frac{MV}{cm}$ ו- $C = 9 \cdot 10^{-13} \frac{A}{V^2}$.

ε_1 הוא השדה החשמלי בשכבת התחמוצת שבין השער הצף והמליימ.



איור 1: צבירת מטען בשער הצף באמצעות נשאי מטען חמים בתעלה ו- impact ionization.

כאשר :

נתון עבור שכבת המבודד התחתונה עשויה מתחמוצת סיליקון: SiO_2

$$\varepsilon_1 = 3.8$$

$$d_1 = 3nm$$

כאשר :

נתון עבור שכבת המבודד העליונה ZrO_2

$$\varepsilon_2 = 30$$

$$d_2 = 50nm$$

בנוסף נתון כי מתח השער שווה ל-40 V, הניחו כי בזמן 0 אין מטען אגור בשער הצף.

כיתבו סימולציית Matlab (או Python) אשר מחשבת את עקומות השינוי במתח הסף כתלות בזמן הכתיבה לזיכרון.

הדרכה : החישוב יעשה בצעדים קטנים בזמן כאשר בכל צעד נניח כי השדה $\mathcal{E}_1$ קבוע. כך נוכל להניח כי הזרם אל השער קבוע ולסכום את כמות המטען הנאגרת בשער הצף במשך הצעד. בסיום הצעד, נחשב מחדש את השדה בהתקן בהתאם לכמות המטען שנצברה בשער. השדה הזה ישמש לחישוב הזרם בצעד הבא. ולהזכירכם :

המטען האגור הוא פונקציה של הזמן :

$$Q(t) = \int_0^t j dt \quad [coul/cm^2]$$

1. ציירו גרפים המתארים את השינוי של הפרמטרים הבאים עם זמן הכתיבה : המטען בשער הצף, השינוי במתח הסף, הזרם והשדה החשמלי $\mathcal{E}_1$. השתמשו בציר אופקי בסקאלה לוגריתמית.
2. מהו השינוי במתח הסף המתקבל לאחר כתיבה של $1\mu s$?
3. על מנת לצמצם את צריכת ההספק של הזיכרון, אנו מעוניינים להקטין את מתח שער הבקרה ל- $20V$. כיצד יש לשנות את מבנה הטרנזיסטור על מנת לאפשר שינוי מתח סף של לפחות $2V$ תוך זמן כתיבה של לא יותר מ $1\mu s$ (הקבועים משוואת זרם המינהור לא ניתנים לשינוי)?

שאלה 2 :

עבור התקן זיכרון שער צף, (floating-gate nonvolatile memory device)

כאשר :

הקיבול הכולל הוא :

$$C_{total} = 3.71 fF$$

והקיבול של Control gate to floating gate :

$$C_{CF} = 2.59 fF$$

והקיבול של ה drain to floating gate :

$$C_{DF} = 0.49 fF$$

והקיבול של ה floating gate to substate :

$$C_{FS} = 0.14 fF$$

כמה אלקטרונים דרושים כדי לשנות את מתח הסף V_{th} ב- $0.5 V$, כאשר השינוי במספר האלקטרונים

הדרוש נמדד ביחס ל :

1. control gate
2. drain to floating gate
3. floating gate to substate