

Travaux pratiques N°03

Modélisation de la tension de seuil V_{th} par régression linéaire multiple

En microélectronique, la tension de seuil V_{th} d'un transistor MOS est sensible aux variations du procédé de fabrication. On souhaite établir un modèle prédictif simplifié pour estimer V_{th} sans avoir à résoudre les équations physiques complexes à chaque fois.

On considère trois paramètres d'entrée :

1. T_{ox} (nm) : Épaisseur de l'oxyde de grille.
2. N_A (10^{17} cm^{-3}) : Concentration de dopage du substrat.
3. V_{sb} (V) : Tension de polarisation du substrat.

Le tableau suivant présente les mesures effectuées sur 8 échantillons de test :

Échantillon	T_{ox} (nm)	N_A (10^{17} cm^{-3})	V_{sb} (V)	V_{th} mesuré (V)
1	2.1	1.5	0.0	0.40
2	2.5	2.0	0.5	0.55
3	3.0	1.8	1.0	0.65
4	2.2	2.5	0.2	0.52
5	2.8	3.0	0.8	0.72
6	3.5	1.2	0.1	0.50
7	2.0	4.0	1.5	0.85
8	3.2	2.2	0.6	0.68

Travail demandé

1. Écrire l'équation théorique du modèle de régression linéaire multiple reliant V_{th} aux trois paramètres de fabrication. Définir chaque terme ($\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$).
2. Séparer les variables indépendantes et la variable dépendante.
3. En utilisant Python et la bibliothèque Scikit-Learn, développez un script permettant de :
 - Charger les données dans un DataFrame.
 - Calculer l'interception et les coefficients de régression.
 - Afficher l'équation finale du modèle.
 - Entraîner le modèle final sur l'ensemble des données.
 - Afficher l'équation du modèle.
 - D'après les coefficients obtenus, quel paramètre semble avoir l'impact le plus important sur la tension de seuil ?
 - Calculer le coefficient de détermination (R^2 , métrique d'évaluation) et interpréter la qualité du modèle obtenu.
 - Un nouveau lot de fabrication présente les caractéristiques suivantes : $T_{ox} = 2.4 \text{ nm}$, $N_A = 2.1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ et $V_{sb} = 0.3\text{V}$. Quelle est la valeur de V_{th} prédite ?
 - Comparer les valeurs réelles et prédites.