

Extraction de paramètres et effets de canaux courts sur les transistors MOS submicronique.

I Extraction des paramètres en régime ohmique à partir des caractéristiques statiques

Rappel :

En régime ohmique, le courant de drain en fonction de la tension de grille est donné par :

$$I_d(V_g, V_d) = \frac{W}{L} \mu_{\text{eff}}(V_g) Q_i(V_g) V_d$$

avec : Charge d'inversion en forte d'inversion : $Q_i(V_g) \approx C_{\text{ox}} (V_g - V_T)$

Mobilité effective : $\mu_{\text{eff}}(V_g) = \frac{\mu_0}{1 + \theta_1 (V_g - V_T) + \theta_2 (V_g - V_T)^2}$ en forte inversion.

Transconductance : $g_m(V_g) = \frac{\partial I_d}{\partial V_g}$

Paramètre G_m : $G_m = \frac{W}{L} C_{\text{ox}} \mu_0$

Fonction Y : $Y(V_g) = \frac{I_d(V_g)}{\sqrt{g_m(V_g)}}$

Donnez les unités des différentes grandeurs ci dessus.

I Mesures :

11 Mesurez I_d en fonction de V_g en régime ohmique pour une tension de drain égale à $V_d = 10$ mV. Enregistrez également I_s et I_g .

12 Calculer g_m sur les HP4155 pour 90 et 300 points, pour des temps d'intégration long et short. Conclusions ?

II Mise à l'évidence de l'existence du paramètre θ_2 sur les MOS submicronique :

Si $\theta_2=0$ (Cas des MOS du cime vu en TP 2A), la fonction Y en régime de forte inversion est donnée par :

$$Y(V_g) = \sqrt{G_m V_d} (V_g - V_T)$$

Elle varie linéairement en fonction de V_g . On peut donc en fittant cette courbe par une droite en déduire la tension de seuil V_T et le paramètre G_m .

21 Quel critère peut on se donner pour définir expérimentalement le régime de forte inversion ?

22 Observez Y pour tous les composants. Conclusions ?

Pour palier à ce problème, on vous propose deux nouvelles méthodes d'extraction : la méthode de Hamer et la méthode de la fonction Y améliorée.

III La méthode de la fonction Y améliorée :

C'est une extension de la méthode précédente. Elle consiste :

- Premièrement à extraire les valeurs approchées V_{T0} et G_{m0} des paramètres V_T et G_m dans la partie linéaire de la fonction Y
- Deuxièmement à calculer le paramètre θ effectif suivant la formule suivante :

$$\theta_{\text{eff}} = \frac{G_{m0} V_d}{I_d} - \frac{1}{V_g - V_{T0}}$$

Si V_{T0} et G_{m0} sont corrects, θ effectif vaut : $\theta_1 + \theta_2 (V_g - V_T)$. On extrait donc $\theta_{10} + \theta_{20}$. Cependant comme les valeurs V_{T0} et G_{m0} sont approximatives, il faut affiner l'extraction. Pour cela, on recalcule une fonction Y_0 suivant la formule suivante :

$$Y_0 = Y \times \sqrt{1 - \theta_{20} (V_g - V_{T0})^2}$$

Si θ_{20} était égal à la vraie valeur de θ_2 , on aurait $Y_0 = \sqrt{G_m V_d} (V_g - V_T)$. En règle général, ce n'est pas le cas, mais Y_0 a déjà un comportement plus linéaire que Y . On réitère alors le processus jusqu'à que Y_n soit bien linéaire en fonction de V_g . On peut alors trouver les vraies valeurs de V_T et G_m .

31 Explicitez par le calcul les différentes étapes de cette méthode.

32 Appliquez cette méthode au cas du MOS 0.25 μm .

IV Méthode de Hamer :

Il s'agit d'une procédure numérique d'optimisation des paramètres G_m , V_T , θ_1 et θ_2 de façon à faire fitter le mieux possible les résultats expérimentaux avec la loi :

$$I_d(V_g, V_d) = \frac{G_m V_d (V_g - V_T)}{1 + \theta_1 (V_g - V_T) + \theta_2 (V_g - V_T)^2}$$

41 appliquez cette méthode au cas du MOS 0.25 μm , en comparant les trois algorithmes proposés.

42 comparez avec les résultats obtenus à partir de la méthode de la fonction Y améliorée.

43 quels sont les avantages et inconvénients de ces deux méthodes ?

44 déterminer les paramètres de tous les transistors par cette méthode.

V Extraction des résistances séries

51 Si les résistances séries ne sont pas négligeables, les paramètres G_m , V_T , θ_1 et θ_2 peuvent être à priori affectés par celles ci. Par un calcul, démontrez que seul θ_1 est affecté.

52 Extraire les résistances séries et la vraie valeur de θ_1 .

53 En déduire la charge critique Q_c et le paramètre de rugosité de surface Δ vu en TD.

VI Extraction de la longueur effective

61 En réalité, la longueur de canal « vraie » L_v n'est pas celle annoncée par le constructeur (appelée parfois Longueur de masque L_m). En supposant que $L_v = L_m + \Delta L$ quelque soit L_m , comment extraire ΔL ?

62 En déduire à partir de vos mesures les valeurs de ΔL et de μ_0 .

VII Courbes $V_T - L$

71 Tracer $V_T - L$ d'après vos extractions.

72 On peut facilement mesurer ΔV_T en fonction de L en faible inversion : comment ?

73 Est ce que ces les résultats obtenus en 71 et 72 sont cohérents ? Pourquoi ?

II Observation du DIBL

Mesurez les courbes $I_d - V_d$ en forte inversion pour le 0.25 μm et pour le 2 μm .

Mesurez les courbes $I_d - V_d$ en faible inversion pour le 0.25 μm et pour le 2 μm .

Mesurez les courbes $I_d - V_g$ (échelle log) pour différents V_d pour le 0.25 μm et pour le 2 μm .

Commentez les résultats obtenus.