

Contrôle sur les dispositifs MOS Avancés

Question 1 : Soit une structure MOS, où le Semiconducteur est de type P. On suppose les travaux de sortie du métal et du semiconducteur égaux et qu'il n'existe pas d'états d'interface entre l'isolant et le semiconducteur. Donner en fonction de la polarisation V_{GS} de la structure MOS, les différents régimes en les illustrant avec des schémas.

Question 2 : Donner un schéma d'un transistor MOS et expliquer son principe de fonctionnement.

Question 3 : Sachant que l'expression générale du courant dans un MOSFET canal N est

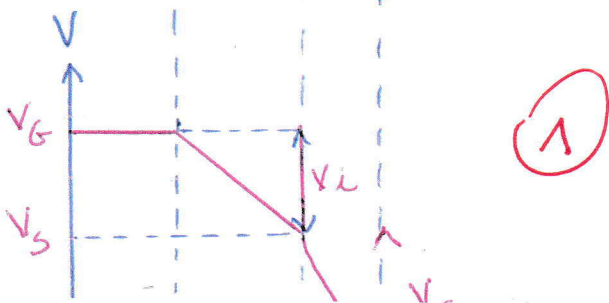
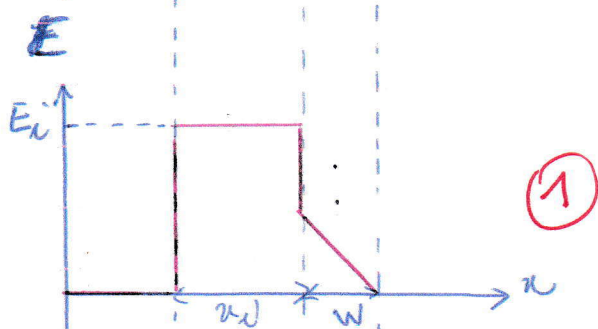
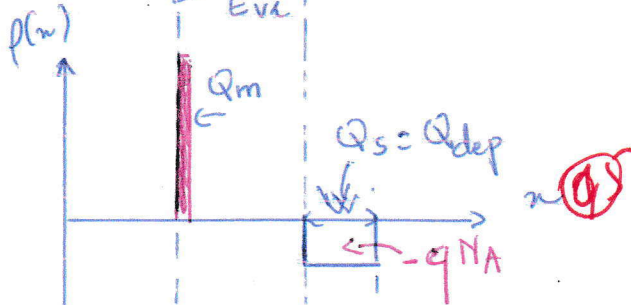
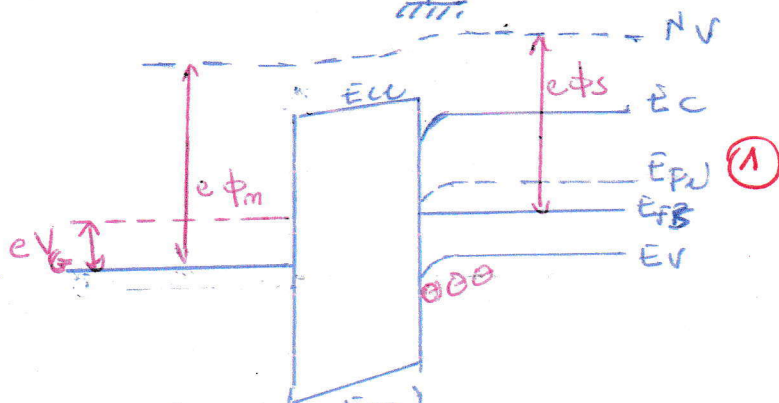
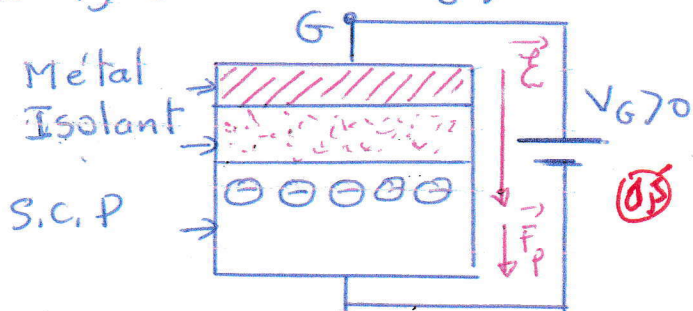
$$I_D = K_n \left[2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2 \right], \quad K_n = \mu_n C_{ox} \frac{Z}{2L}$$

simplifiez cette formule (si possible) pour les différents régimes de fonctionnement.

Question 4 : Donner le schéma équivalent d'un NMOS en définissant ses éléments.

3. Régime de désertion

Ce régime est obtenu sur on applique à la structure MIS (S.C.P) une tension $V_G > 0$.



Le sens du champ électrique repousse les trous en volume. Il y a création d'une zone vide de trous et une charge négative due aux ions fixes qui ne sont plus neutralisés par les trous : il y a une zone désertée : régime de désertion ou de déplétion.

La ddp appliquée implique un décalage entre les 2 niveaux de Fermi. $\Delta E_F = E_{FB} - E_{Fm} = qV_G$. à cause de ce gradient de tension il y a une courbure de bande à l'interface.

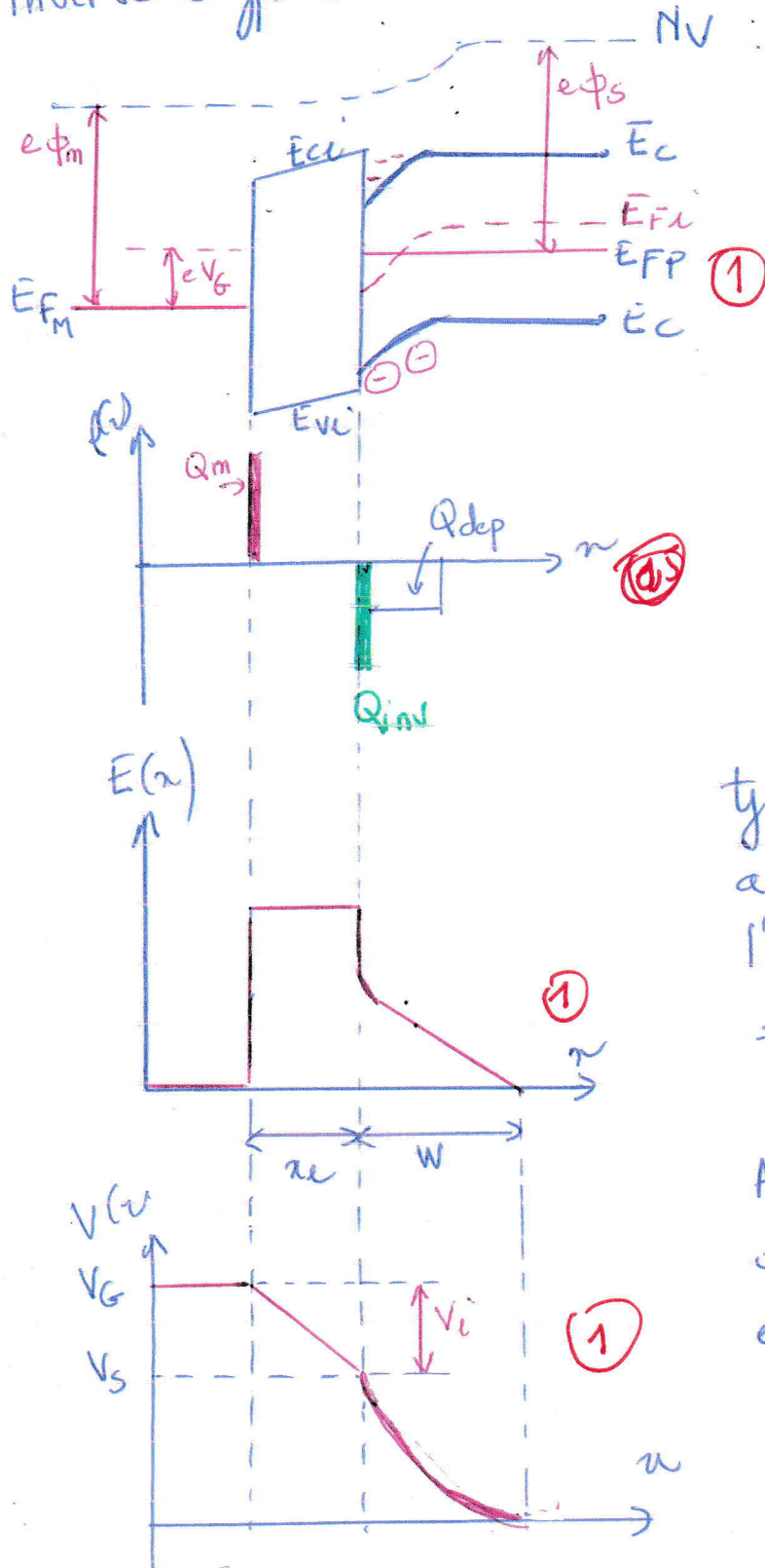
L'apparition d'une charge Q_s négative à la surface du S.C. (due aux ions NA^-) est compensée par une charge positive à la surface du métal. Q_m .

L'absence de charges dans l'isolant \Rightarrow un champ E_i constant ce qui implique un potentiel linéaire dans l'isolant.

Dans la zone désertée nous avons une charge $Q = -qNA$ constante, donc le champ dans cette zone varie linéairement et le potentiel est parabolique le potentiel à surface vaut :

4. Régime d'inversion

Lorsqu'on applique à la structure MIS une tension $V_G > V_T$ (V_T : tension de seuil qu'on définira par la suite), le champ électrique appliqué, non seulement il repousse les trous en volume, mais attire les électrons minoritaires en surface, créant ainsi en surface une zone N: on dit que nous avons inversé le type de S.C en surface: c'est le régime d'inversion.



La courbure de bande est accentuée et près de la surface le niveau de Fermi est plus proche de E_C que de E_V ; c'est le régime inverse et le S.C est devenu N en surface. \Rightarrow apparition d'une couche d'inversion Q_{inv} qui s'ajoute à la charge de la couche de déplétion.

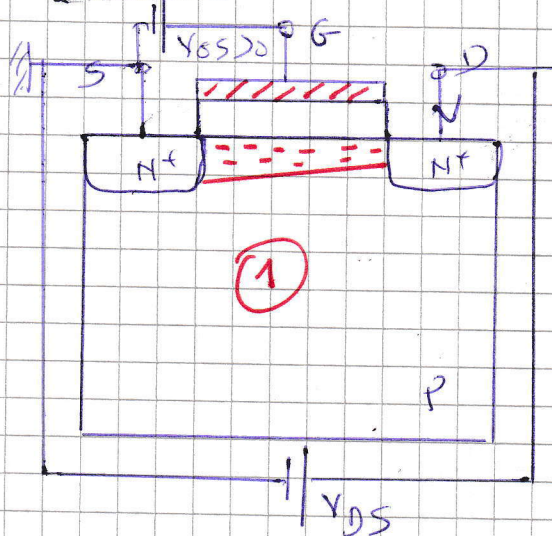
$$Q_{inv} + Q_{dep} = -Q_m$$

ty Dans le cas idéal, il y a absence de charge dans l'oxyde $\Rightarrow E(x) = \text{constante}$ $\Rightarrow V(x)$ varie linéairement dans l'oxyde.

A la surface du S.C il y a des charges dues aux ions fixes et à ceux de la couche d'inversion. Si on suppose leur nombre constant donc $E(x)$ varie linéairement et a une forme

3 points

Question 2 : schéma d'un MOSFET et principe de fonctionnement



Soit une structure MOS autour de laquelle on a diffusé 2 régions N⁺ et qui constituent les contacts de source et de drain. Si on applique une tension V_{GS} > 0 on attire les électrons minoritaires en surface créant ainsi la

couche d'inversion. L'application de la tension V_{DS} entre le drain et la source fait circuler les e⁻ de la source vers le drain générant ainsi un courant de drain I_D et dont le sens est dirigé du drain vers la source.

3 points

Question 3 : $I_D = K_n [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$

1°/ régime ohmique pour V_{DS} très faible

① pour $V_{DS} \ll C \Rightarrow V_{DS}^2 \ll C$

$\Rightarrow I_D \approx 2K_n (V_{GS} - V_T) V_{DS}$

2°/ régime non linéaire

V_{DS} moyen on ne peut plus négliger V_{DS}²

① $\rightarrow I_D = K_n [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$

3°/ régime saturé

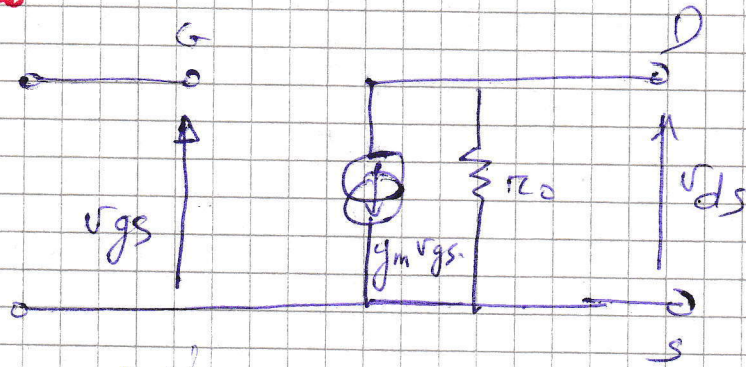
$V_{DS} = V_{GS} - V_T = V_{DS\text{ sat}}$

① $I_D = K_n (V_{GS} - V_T)^2 = K_n V_{DS\text{ sat}}^2$

c'est le régime de saturation

Question: Schéma équivalent d'un NMOSFET

3 points



①

$$g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_{V_{GS} = V_{GSQ}} = 2 K_n (V_{GSQ} - V_T) \quad \text{①}$$

$$r_o = \frac{\partial V_{DS}}{\partial I_D} = \frac{V_A}{I_{DQ}} \quad V_A = \frac{1}{\lambda}$$

$$r_o = \frac{1}{\lambda I_{DQ}} \quad \text{①}$$