

# I Calcul théorique de la tension de seuil $V_T$ du MOS

## Notations

- $W_G$  et  $W_{Si}$  travaux de sortie de grille et du  $S_i$  respectivement.
- $\phi_{ms} = \frac{W_G - W_{Si}}{q}$  équivalent tension de la différence de travaux de sortie
- $\phi_{dep}$  : tension supportée par la zone dépeulée d'épaisseur  $W_{dep\ max}$
- $\Delta V_{OX}$  : tension supportée par l'oxyde de grille au seuil.
- $Q_{SS}$  : charge en  $C/cm^2$  dans l'oxyde (charge négative dans le canal )
- $N_{SS} = \frac{Q_{SS}}{q}$  équivalent en atomes/cm<sup>2</sup>
- $e_{OX}$  = épaisseur de l'oxyde de grille
- $C_{OX} = \epsilon_{OX}/e_{OX}$  Capacité de l'oxyde de grille par unité de surface
- tension de seuil  $V_T = V_{Tid} + V_{FB}$  doit être > 0 dans le NMOS.
- $V_{FB}$  : tension de bande plate négative

$$V_{FB} = \frac{W_G - W_{Si}}{q} - \frac{Q_{SS}}{C_{OX}} < 0$$

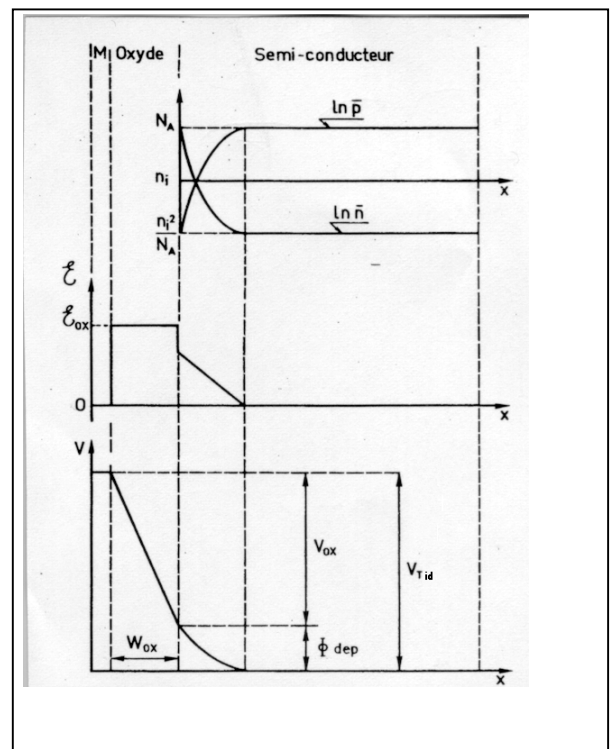
## Cas idéal

$$\phi_{ms}=0 \text{ et } Q_{SS}=0$$

$$V_{Tid} = \Delta V_{OX} + \Phi_{dep} > 0 \text{ dans NMOS}$$

$$\Phi_{dep} = 2U_T \ln \frac{N_A}{n_i}$$

$$\Delta V_{OX} = \frac{e_{OX}}{\epsilon_{OX}} \sqrt{2q\epsilon_{Si} N_A \phi_{dep}}$$



## A propos de $\phi_{ms}$

L'abaque suivante permet de déterminer la différence de travaux de sortie entre grille et Si selon le type de substrat (N ou P) et en fonction de son dopage et pour diverses natures de grilles (Poly SiN<sup>+</sup>, Poly SiP<sup>+</sup> ou Al).

Ex : substrat P,  $N_A=10^{16}$ , Grille N<sup>+</sup>Si<sub>i</sub> ⇒  $\phi_{ms} \approx -0,8V$

- Données diélectriques

$$\epsilon_{OX}=3,9 \epsilon_0$$

$$\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-14} \text{F/cm}$$

$$\epsilon_{Si}=11,9 \epsilon_0$$

- Données Si à 300°K : densité intrinsèque  $n_i=10^{10} \text{cm}^{-3}$

largeur bande interdite  $E_g=1,12 \text{eV}$

$$\text{tension thermodynamique } U_T = \frac{kT}{q} = 26 \text{mV}$$

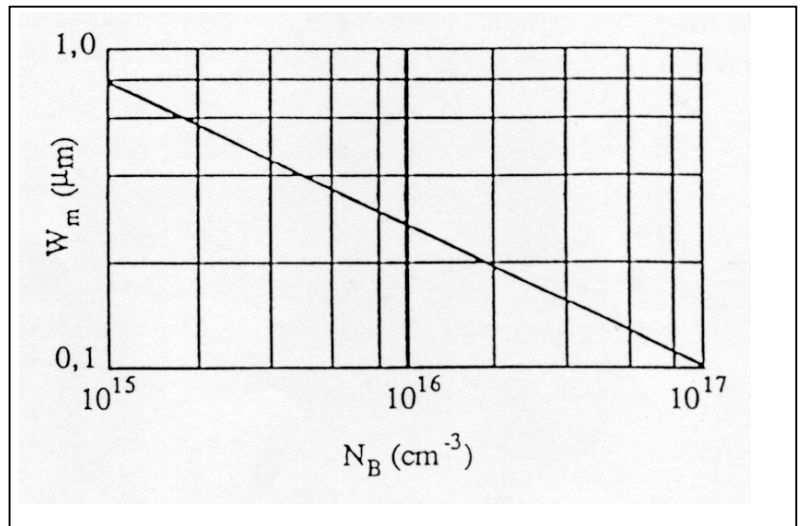
## II Capacité MOS (Substrat P, Mesures en haute fréquence (1 MHz))

$$C_{MAX} = C_{OX} = S \frac{\epsilon_o \epsilon_{OX}}{e_{OX}}$$

$$\frac{1}{C_{MIN}} = \frac{1}{C_{OX}} + \frac{1}{C_{dep}}$$

$$C_{dep} = S \frac{\epsilon_o \epsilon_{Si}}{W_{MAX}}$$

$$W_{MAX}^2 + \frac{kT}{q} \frac{4\epsilon_o \epsilon_{Si}}{qN_A} \log\left(\frac{N_A}{n_i}\right)$$



## III Transconductance d'un transistor MOS (régime saturé)

$$g_m = \frac{Z}{L} \mu_n \frac{\epsilon_o \epsilon_{OX}}{e_{OX}} (V_G - V_T) \rightarrow Z \frac{\epsilon_o \epsilon_{OX}}{e_{OX}} v_s$$