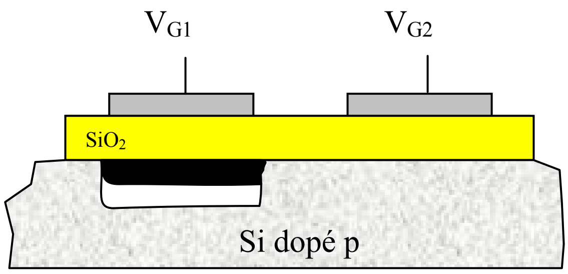
IFIPS 2ème année – Département Matériaux
Propriétés électroniques

TD 2 : Etude du transfert dans un capteur CCD

La structure élémentaire du CCD est une capacité MOS polarisée en régime de déplétion profonde ($V_G > V_T$). On se place à des échelles de temps très petites devant le temps de stockage.
On suppose qu'on a réussi à amener un paquet de charges dans cette zone de déplétion profonde. On considère la structure suivante à deux capacités MOS :



1) Rappeler la séquence d'horloge $V_{G1}(t)$ et $V_{G2}(t)$ qui permet de transférer la charge de sous la grille 1 vers le dessous de la grille 2 et représenter l'évolution du paquet de charges et du potentiel à différents instants caractéristiques.

Un CCD est un dispositif intégré qui réalise les fonctions suivantes : création du paquet de charges proportionnel au signal à traiter, stockage de ces charges dans une capacité MOS, transfert de ces charges d'une capacité à la capacité adjacente, détection des charges à la sortie et restitution d'un signal proportionnel à la densité de charges. Nous allons étudier les processus de transfert d'un puits vers l'autre (de la capacité 1 vers la capacité 2).
On se place à un instant où le paquet de charges sous la grille 1 est en train de se vider sous la grille 2. La densité (surfacique) d'électrons $n_s(x,t)$ sous cette grille dépend alors de la position x sous la grille 1. Il s'ensuit un champ électrique self-induit E_s.

2) Donner l'expression de la densité de courant $j_n(x)$.

Le champ de surface E_s est lié au potentiel de surface V_s.

3) Déterminer l'expression de E_s en fonction de la densité surfacique de charges n_s (on pourra exprimer le potentiel V_{G1} appliqué à la capacité MOS en fonction du potentiel de surface V_s). On négligera la charge de déplétion devant la charge surfacique d'inversion.

4) Montrer alors que la densité de porteurs vérifie la loi : $\frac{\partial n(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[D_{eff} \frac{\partial n(x,t)}{\partial x} \right]$ où le coefficient de diffusion effectif est : $D_{eff} = \frac{\mu_n e}{C_i} n(x,t) + D_n = D' + D_n$, où D_n est le coefficient de diffusion pour les électrons dans le semiconducteur.
En utilisant les valeurs numériques suivantes : épaisseur de la couche d'isolant : d=0.1µm, permittivité de la silice SiO_2 : $\varepsilon_i=4$, estimer la valeur de la densité (surfacique) pour laquelle $D'/D_n \approx 1$.

On se place au début du transfert de charge lorsque l'effet du champ self-induit domine (la densité surfacique de charge est en effet importante sous la capacité 1).

5) En écrivant n(x,t)=h(x).g(t), déterminer la variation temporelle de la densité de porteurs sous la grille 1.

On se place en fin de transfert de charge. On suppose alors que le transfert est exclusivement dû à la diffusion.

6) En écrivant $n(x,t) = a_0 e^{-t/\tau_d} \cos\left(\frac{\pi x}{2L}\right)$, déterminer l'évolution temporelle de la quantité de charges sous la grille 1. On déterminera τ_d en fonction de la longueur L de chaque capacité.