

# TP Caractérisation

Lucien Dos Santos  
Mohamed Hage Hassan

21 Mars, 2017

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Caractérisation de la jonction PN</b>	<b>2</b>
2.1	Méthodes de détermination des paramètres . . . . .	4
2.2	Partie pratique . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Capacité MOS</b>	<b>5</b>
3.1	Méthodes de Calcul . . . . .	5
3.2	Mise en pratique . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>7</b>

# 1 Introduction

Le but principal de ce TP est de caractériser les 2 composantes principales du transistor MOS :

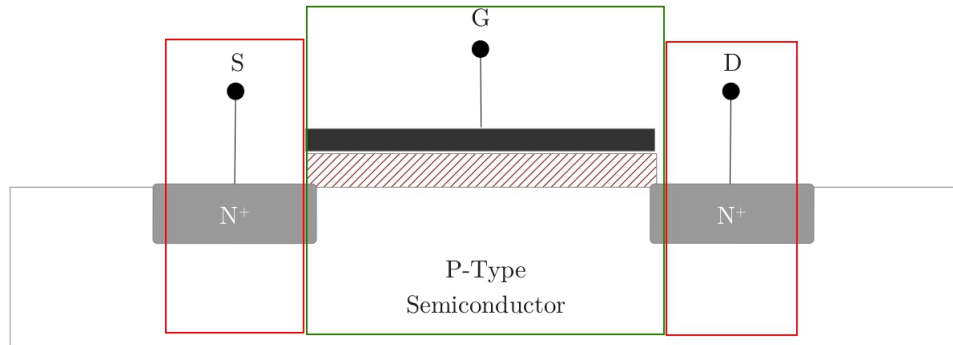


Figure 1: Composition du MOSFET

La capacité MOS (vert) et les 2 jonctions PN (rouge) résultantes des manipulations effectuées en salle blanche. On spécifie que ces 2 parties peuvent être utilisées comme des composantes seules :

- **Jonction PN**

- Capteurs thermiques (au lieu des couples thermiques).
- Capteurs optiques : photodétecteurs.
- Transmissions haute-fréquence (diode optiques).

- **Capacités MOS**

- Matrice de capacités MOS utilisées pour la reconstruction d'une image dans les appareils photo récentes.

On note que pour la partie salle blanche, on a réalisé la jonction PN :

## Étapes de réalisation

- Nettoyage du wafer.
- Dépôt du  $SiO_2$ .
- Diffusion thermique pour le dopage du wafer (en type  $n+$ ).
- Deposition d'une couche d'Aluminium
- Gravure d'aluminium.

# 2 Caractérisation de la jonction PN

On cherche à déterminer la caractéristique I/V de la jonction. L'allure générale du courant d'une diode en fonction de la tension est représentée par le schéma suivant :

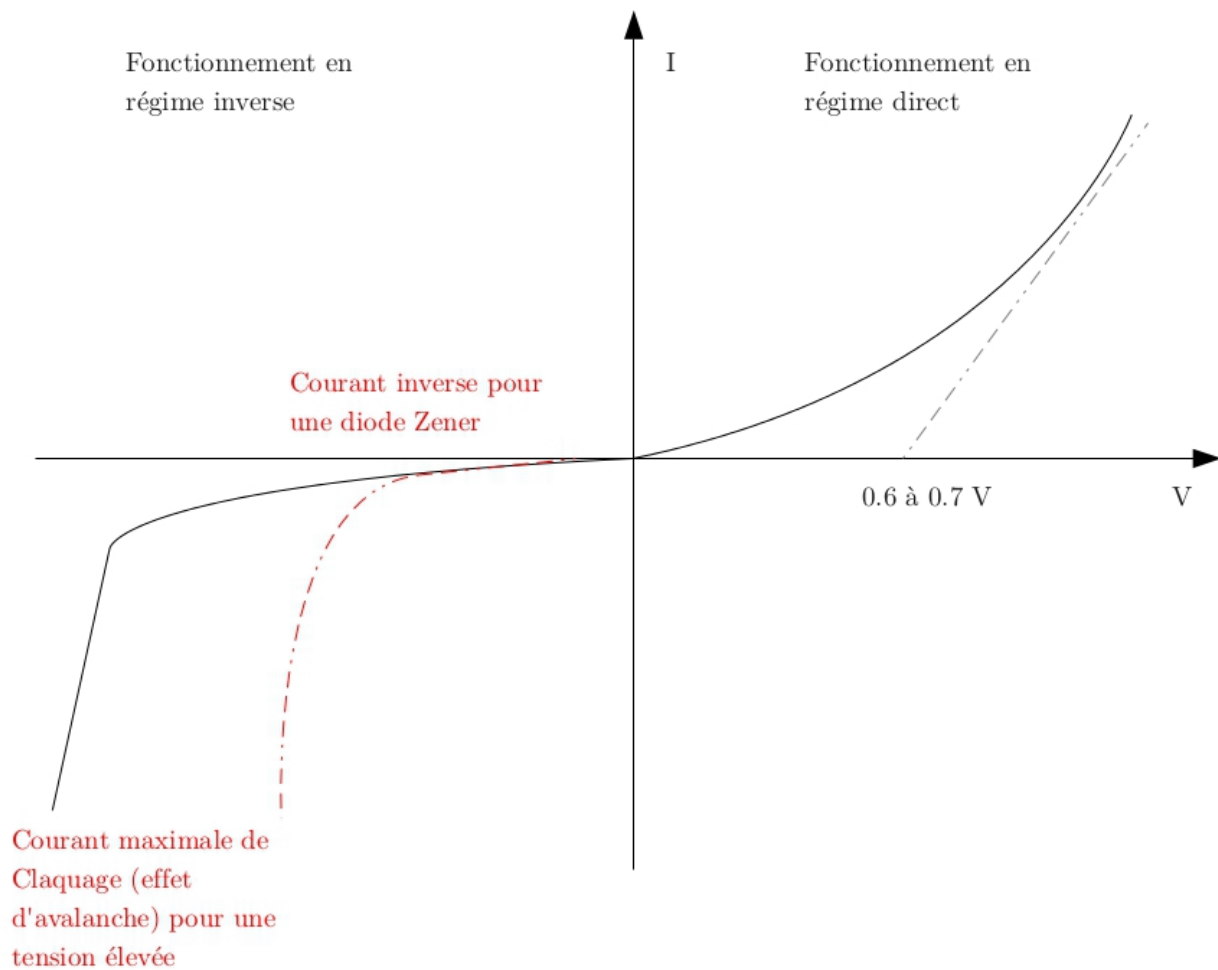


Figure 2: Régime du fonctionnement de la jonction PN

On souhaite donc chercher les paramètres :

- $I_S$  courant de saturation
- $V_{th}$  Tension de seuil (Threshold voltage)
- $V_a$  Tension d'avalanche
- $n$  facteur d'idéalité

## 2.1 Méthodes de détermination des paramètres

### Courant de saturation $I_S$ et du facteur $n$

Sachant que le modèle mathématique de la diode s'exprime par :

$$I = I_S(e^{\frac{qV}{nK_B T}} - 1)$$

On constate que c'est difficile de déterminer la valeur de  $I_S$  directement, sachant qu'entre 0 et 0.6V, en zone directe de fonctionnement, on a un phénomène de recombinaison des porteurs (charge d'espace). Ce phénomène préexiste toujours en régime inverse.

Pour se faire, on prend le modèle simplifié de  $I$  **pour la zone directe**:

$$I = I_S(e^{\frac{qV}{nK_B T}})$$
$$\Rightarrow \ln(I) = \ln(I_S) + \frac{qV}{nK_B T}$$

On retrouve que c'est possible de déterminer ces 2 facteurs :

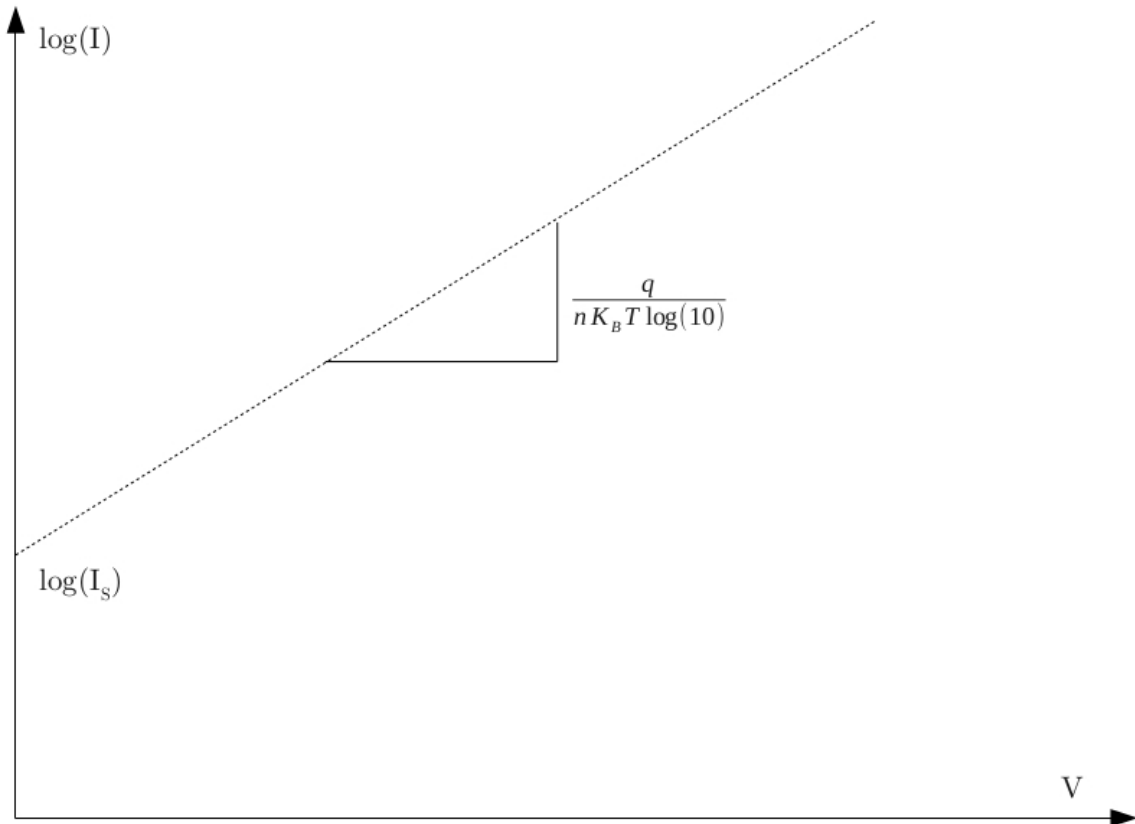


Figure 3: Passage en échelle logarithmique

### Détermination de $V_a$ et $V_{th}$

$V_{th}$  constitue l'intersection de l'asymptote à l'exponentielle de la courbe  $I_S$  avec l'axe  $ox$ , et  $V_a$  la tension pour laquelle on a une très forte dérive en intensité.

## 2.2 Partie pratique

Pour la caractérisation des diodes, on utilise le Hwelett Packard 4155A Semiconductor Parameter Analyser. On vient manipuler des pointes en carbure de tungstène pour la mesure des paramètres d'une jonction PN :

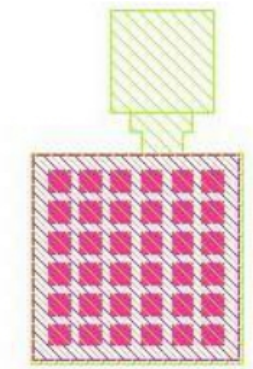


Figure 4: Diode de grande surface et petit périmètre, surface  $200 \times 200 \mu m^2$

La plaque principale de l'outil de mesure est polarisée en inverse : on affiche les valeurs de  $I$  en fonction de  $V$  (courbe initialement à l'inverse), et on retrouve  $V_{th} = 0.678 \text{ V}$ .

La détermination de  $V_a$  s'effectue d'une façon similaire : On ajuste la tension pour un balayage entre 0 et 30 V (polarization inverse) : On retrouve qu'il y a des fortes dérives de courant autour de 19 V. L'appareil est limité en courant maximal délivré sur la diode, ce qui permet de protéger le wafer en cas de forte tensions.

**Calcul de  $n$**  D'après les mesures de la pente en fonctionnement directe de la diode, on peut remonter vers le coefficient  $N$  (facteur d'idéalité) :  $n = 1.76$

## 3 Capacité MOS

### 3.1 Méthodes de Calcul

Pour caractériser la capacité MOS, on doit la polariser en  $V_G > V_t > 0$  avec  $V_D > 0$ . Celle-ci va fonctionner en régime d'inversion, la dynamique de  $C = f(V)$  représente ce fonctionnement.

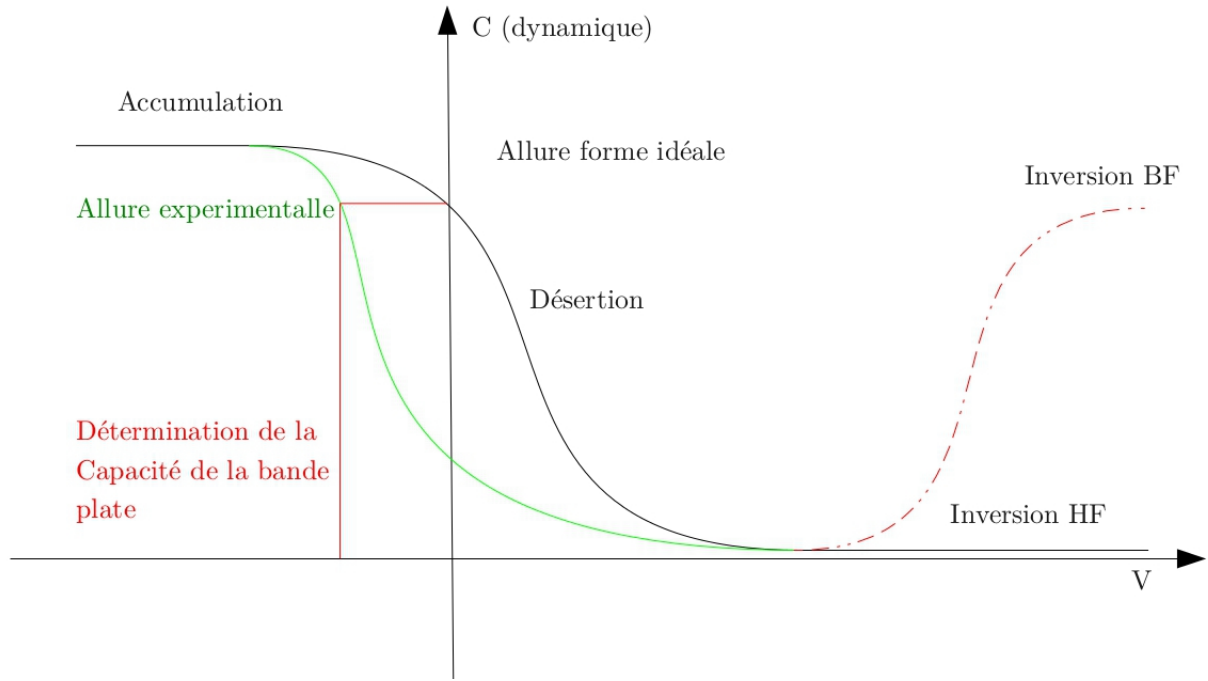


Figure 5: Allure de la capacité MOS pour des variations de V

Le plateau formé par la prolongation de la zone d'accumulation détermine  $C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$ . On peut aussi déterminer la tension  $V_{FB}$  :

$$V_{FB} = \Phi_{ms} - \frac{Q_{ox}}{C_{ox}}$$

Les valeurs de  $V_{FB}$ ,  $\Phi_{ms}$  et  $C_{ox}$  peuvent être déterminées automatiquement.

### 3.2 Mise en pratique

On vérifie le placement correct du wafer dans la zone spécifiée. La capacité à déterminer est de surface  $320 \times 200 \mu m^2$ , et on spécifie la "Gate work function" pour l'Aluminium de 4.2.

On retrouve que (pour une température de 23 C)

- $C_{ox} = 43.5 pF$
- $R_s = 558 \Omega$
- $T_{ox} = 501 \text{ \AA}$
- $\frac{C_{FB}}{C_{ox}} = 0.82$
- $V_{FB} = -4.57 V$
- $\Phi_{ms} = -0.869 V$
- $N_{sub} = 1.47 \times 10^{16} / cm^3$

Le résultat de la mesure est représenté par la figure 6.

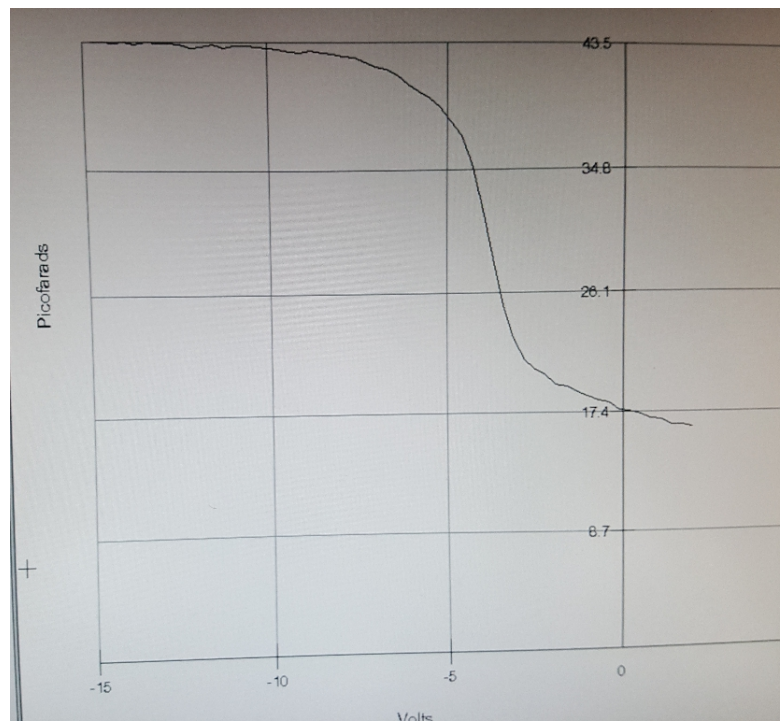


Figure 6: Mesure de la capacité MOS pour des variations de V

## 4 Conclusion