



01700

DIALLO
Alpha OumarPL1
2013

DE: de l'Atome à la Puce

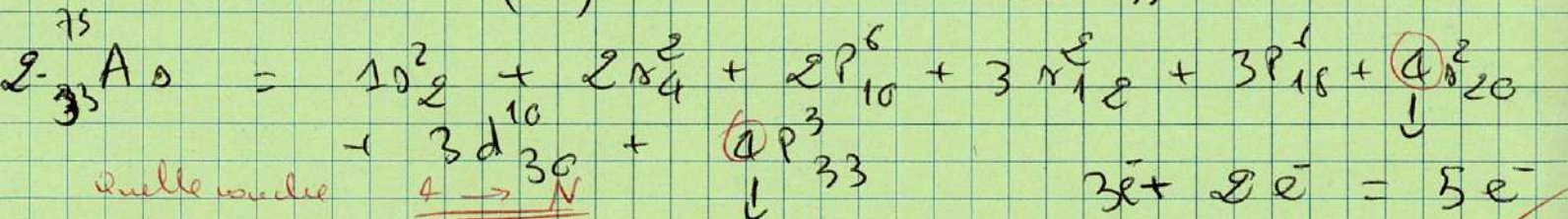
3 Dopage et résistance:

1 - Nous désirons doper du silicium pour obtenir une conductivité de porteurs négatifs:

$$\sigma_N = 980 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$$

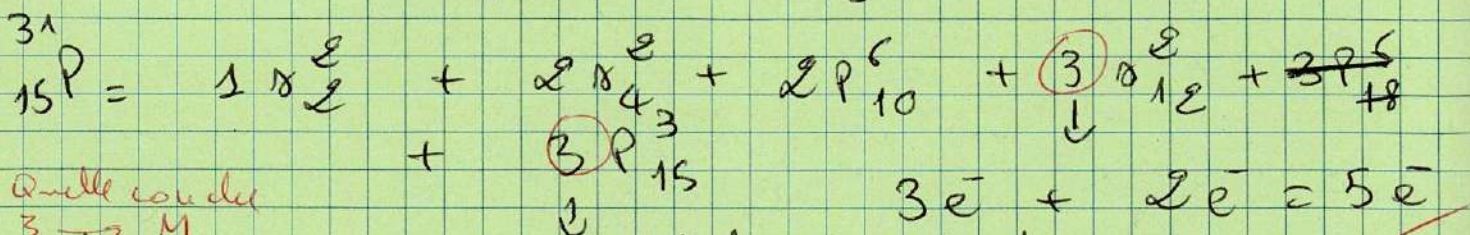
Nous devons utiliser un dopage de type

N, pour cela on va utiliser des atomes don-
neurs situés sur la 5^e colonne du tableau
périodique des éléments car ils ont 5 électrons
sur leur dernière couche, on a par exemple
le phosphore ($^{31}_{15}\text{P}$) et l'Arsenic ($^{75}_{33}\text{As}$).



- donc l'Arsenic a 5 électrons sur sa cou-
- che externe, on vient de le prouver.

$\frac{1,5}{2}$ - Le Phosphore: $^{31}_{15}\text{P}$:



A travers sa répartition électronique on a
montré que le Phosphore comme l'Arsenic sont
des atomes donneurs (dopants de type N).

3 - Calcul de la densité volumique d'atomes à introduire pour obtenir une conductivité:

$$\sigma_N = 960 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\sigma_N = e n \mu \Rightarrow n = \frac{\sigma}{e \mu} \rightarrow \text{mobilité de l'électron}$$

$$N_D \approx n = \frac{\sigma}{e \mu} = \frac{960 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}}{1,6 \cdot 10^{-18} \times 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{960}{240 \cdot 10^{-22}} = 4 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$$

4 - Les porteurs majoritaires dans ce Si dopé sont les électrons. leur densité volumique:

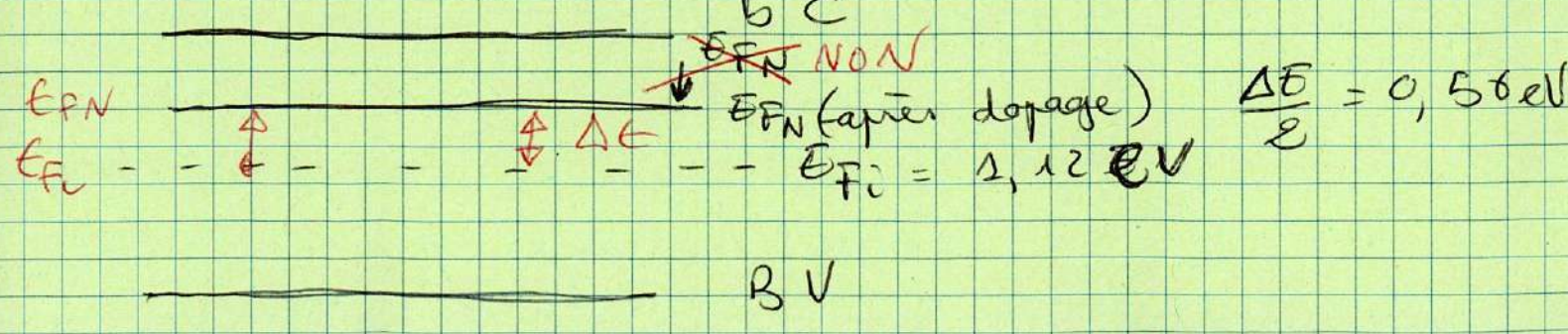
$$n \approx N_D = \frac{50 \cdot 10^{27}}{4 \cdot 10^{22}} = 12,5 \times 10^5 = 125 \cdot 10^4 = 1,25 \times 10^6$$

5 - Les porteurs minoritaires sont les trous: leur densité volumique:

$$p = \frac{n_i^2}{n} = \frac{(50 \cdot 10^{27})^2}{4 \cdot 10^{22}} = \frac{2500 \cdot 10^{54}}{4 \cdot 10^{22}} = 625 \cdot 10^{32} = 6,25 \cdot 10^{34}$$

6 - Le niveau de Fermi s'est déplacé vers le bas en bas de la bande de conduction.

$$\Delta E = kT \ln \left(\frac{n_i}{N_D} \right) = 25 \text{ mV} \times \ln \left(\frac{50 \cdot 10^{27}}{4 \cdot 10^{22}} \right) = 0,56 \text{ eV}$$



7. Calcul de la résistance d'un cylindre de Si.

$$R_N = \frac{1}{\sigma_N} \times \frac{L}{\pi r^2} = \frac{1}{960} \times \frac{40 \cdot 10^{-3}}{3,14 \times (4 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$= 3,21 \times 10^{-3} \times 10^3 = 3,21 \Omega$$

4 - Transistor MOS: Technologie 20 nm.

$W = 40 \text{ nm}$, $L = 20 \text{ nm}$, $X_0 = 1 \text{ nm}$.

$V_{th} = 0,2 \text{ V}$.

1. La capacité de grille: $C_G = \frac{\epsilon_c \kappa X_0}{t_{ox}} W \cdot L$

$$C_G = \frac{8,85 \cdot 10^{-2} \times 1 \times 10^{-9} \times 3,9 \times 2 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 10^{-8}}$$

$$C_G = \frac{8,85 \times 1 \times 8 \times 3,9}{1} \cdot 10^{-9} \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}$$

$$= 70,80 \times 3,9 \cdot 10^{-27} \cdot 10^3 = 276,12 \cdot 10^{-18}$$

$$C_G = 27,6 \cdot 10^{-18} \text{ capa} = 27,6 \text{ aF}$$

2) $V_{GS} = 1 \text{ V} > V_{th} = 0,2 \text{ V}$. Le transistor est passant. \exists canal.

$V_{DS} = 0,5 \text{ V} < V_{DSsat} = V_{GS} - V_{th} = 0,8 \text{ V}$

Le régime est quadratique.

canal \exists c'est-à-dire!!!

3) La quantité des charges est:

$$Q = C_G (V_{GS} - V_{th}) = 27,6 \cdot 10^{-18} \times 0,8 \text{ V}$$

$$Q = 220,8 \cdot 10^{-18} = 22,08 \cdot 10^{-17}$$

4) Calcul du nombre de porteurs libres contenus dans le canal δ AN.

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{22,08 \cdot 10^{-17}}{0,16 \text{ ac}} = \frac{220 \cdot 10^{-18}}{16 \cdot 10^{-20}} = \frac{220}{16} \cdot 10^{-18+20}$$

$$= 13,7 \cdot 10^2 \text{ porteurs libres dans le canal.}$$

5. Porte logique CMOS:

3) Table de vérité:

a, b, c 3 variables
 $\Rightarrow 2^3 = 8$
 possibilités !!

Verification: si $R_p = 1, \delta = 1$
 si $R_N = 1, \delta = 0$

a	b	c	B_{pab}	B_{pabc}	B_{Nab}	B_{Nabc}	R_p	R_N
0	0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1	1	0	1

4) la fonction logique simplifiée:

$$R_p = B_{pab} + B_{pabc} = \bar{a} \cdot \bar{b} + (\bar{a} + b) \cdot c$$

$$= \bar{a} \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot c + b \cdot c = \bar{a} (b + c) + b \cdot c$$

$$R_N = B_{Nab} + B_{Nabc} = a \cdot b + (a + b) \cdot c$$

$$= a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c = a (b + c) + b \cdot c$$