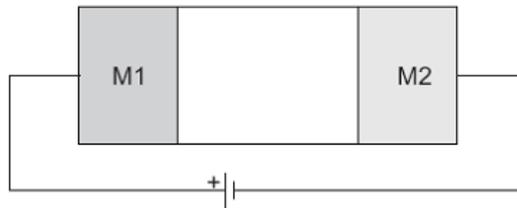


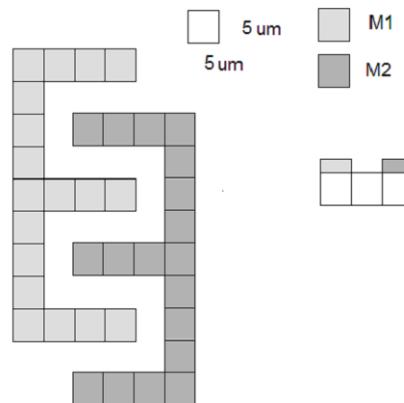
## TUTORATO DEL 13/11/2015: CONTATTI METALLO-SEMICONDUCTORE

- 1) Di un contatto metallo-silicio n di tipo raddrizzante si conosce la funzione lavoro del metallo (4.75 eV) e la tensione di built-in (0.5 V).
  - a. Disegnare il diagramma a bande all'equilibrio del sistema (precisando quantitativamente le distanze tra i vari livelli energetici);
  - b. dire quanto vale la concentrazione dei droganti;
  - c. esprimere con una formula (precisando quantitativamente i vari coefficienti) la relazione  $1/C^2-V$  (in  $\text{cm}^4/\text{F}^2$ ) e tracciarne il grafico al variare di V (considerando almeno 3 punti)
  
- 2) Sapendo che una giunzione Metallo-Silicio è di tipo raddrizzante e che la funzione lavoro del metallo è pari a 4.35 eV, dire di che tipo può essere il semiconduttore e quale è il valore massimo (o minimo) di drogaggio che lo caratterizza. Ripetere l'esercizio per una funzione lavoro pari a 4.87 eV.
  
- 3) Si consideri un contatto metallo-semiconduttore ideale di cui sono noti i seguenti dati:  $q\chi = 4$  eV,  $E_g = 1.2$  eV,  $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,  $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ,  $A^* = 100 \text{ A cm}^{-2} \text{ K}^{-2}$ .
  - a. Si considerino di volta in volta le seguenti funzioni lavoro,  $q\phi_M = 4.1, 4.25, 4.5, 4.75, 5$  eV. Tracciare il grafico della tensione di built-in in funzione della  $\phi_M$ ;
  - b. Disegnare il circuito equivalente alla struttura M1-S-M2 in cui il semiconduttore ha le caratteristiche elencate qui sopra e i metalli hanno rispettivamente funzione lavoro pari a 5 eV e 4.1 eV. Calcolare la densità di corrente che scorre in questo circuito quando è applicata una differenza di potenziale tra M1 e M2 pari a 1 V.



- 4) Si considerino due diodi: uno costituito da una giunzione p+-n, l'altro costituito da un contatto metallo-semiconduttore di tipo raddrizzante (diodo Schottky) entrambi di Silicio, entrambi con la stessa concentrazione di atomi donori,  $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ . Di entrambi i diodi si misura, a temperatura ambiente, la caratteristica corrente – tensione, ricavando i seguenti valori di corrente inversa di saturazione:
  - diodo A:  $I_{0A} = 3.6 \cdot 10^{-16} \text{ A}$ ;  $A = 0.001 \text{ cm}^2$
  - diodo B:  $I_{0B} = 10^{-11} \text{ A/cm}^2$   $A = 0.0001 \text{ cm}^2$Considerare, se serve,  $\tau_p = 10^{-6} \text{ s}$ 
  - a. Indicare, giustificando quantitativamente la risposta, quale dei due diodi è il diodo a giunzione p-n e quale è, invece, il diodo Schottky.
  - b. Si consideri ora il solo diodo Schottky e si calcoli la funzione lavoro  $\phi_m$  del metallo impiegato per realizzare il contatto Schottky.
  
- 5) Si supponga di voler realizzare un condensatore variabile utilizzando una giunzione pn brusca simmetrica, oppure un contatto Schottky. Noti i seguenti parametri:
  - Giunzione pn:  $N_A = N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$
  - Contatto Schottky:  $\Phi_m = 5 \text{ eV}$ ,  $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

- a. Graficare le curve  $1/(C_j)^2-V$  per ciascun dispositivo.
  - b. Considerando infine che le aree dei due dispositivi siano rispettivamente  $0.1 \text{ mm}^2$  per la pn e  $0.0001 \text{ mm}^2$  per lo Schottky, graficare la curve corrispondenti alla serie dei due capacitori.
- 6) Un contatto metallo Silicio ( $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ) ha la struttura a pettine mostrata in figura. M1 e M2 sono rispettivamente Oro (5.0 eV) e Alluminio (4.75 eV).
- a. Quale tipo di contatto formano rispettivamente i due metalli? Qual è il circuito corrispondente a questa struttura?
  - b. Calcolare la/le corrente/i di saturazione inversa e/o la/le resistenze di contatto corrispondenti a ciascun contatto (trascurando le resistenze delle regioni neutre del semiconduttore);
  - c. Quanto vale la corrente totale che scorre nella struttura quando la tensione applicata tra M1 e M2 vale +3V?



- 7) Si consideri una giunzione metallo-semiconduttore di tipo n della quale sono state misurate le caratteristiche corrente-tensione e capacità-tensione ricavando i valori in tabella.

Calcolare:

- a. Drogaggio del semiconduttore;
- b. Altezza di barriera della giunzione;
- c. Area della giunzione;
- d. Potenziale di built-in.

| V [V] | I [mA] |
|-------|--------|
| 0.4   | 0.03   |
| 0.45  | 0.2    |
| 0.5   | 1.4    |

| V [V] | C [F]                 |
|-------|-----------------------|
| -0.5  | $5.8 \times 10^{-11}$ |
| -1    | $4.9 \times 10^{-11}$ |
| -2    | $3.9 \times 10^{-11}$ |

- 8) Si voglia realizzare una giunzione  $p^+n$  in Silicio a partire dalla struttura in figura ( $A = 10^{-5} \text{ cm}^2$ ).
- a. Si stabilisca la funzione lavoro di M1 affinché la barriera all'interfaccia M1- $p^+$  sia nulla;
  - b. Si stabilisca la funzione lavoro di M2 affinché l'interfaccia n-M2 sia ohmica con resistenza pari a  $3.9 \Omega$ ; si ricavi di conseguenza  $N_D$  che rispetti tale condizione;
  - c. Si determini la corrente che scorre nel circuito quando al generatore  $V_G$  è applicato un potenziale di 1 V (si supponga  $t_p = 1 \text{ msec}$ ). Si trascuri la resistenza serie tra M1 e il semiconduttore  $p^+$ .

