

Dispositivi Elettronici
Prova scritta - Quiz e domande aperte [22pt]
13 settembre 2005

Nome: _____
Cognome: _____
Matricola: _____
Firma: _____

1. (1pt) In un campione di Si (che appartiene al IV gruppo della tavola periodica), si ottiene un drogaggio di tipo p introducendo:
 - (a) atomi del V gruppo della tavola periodica, ciascuno dei quali cattura un elettrone dalla banda di valenza
 - (b) atomi del III gruppo della tavola periodica, ciascuno dei quali cattura un elettrone dalla banda di valenza
 - (c) atomi del III gruppo della tavola periodica, ciascuno dei quali libera un elettrone nella banda di conduzione
 - (d) atomi del V gruppo della tavola periodica, ciascuno dei quali libera un elettrone nella banda di conduzione.

2. (1pt) In un semiconduttore in condizioni di equilibrio termodinamico, il prodotto delle concentrazioni di elettroni in banda di conduzione e lacune in banda di valenza
 - (a) non dipende dalla ampiezza della banda proibita
 - (b) dipende dalla ampiezza della banda proibita e dal drogaggio
 - (c) dipende dalla ampiezza della banda proibita e dalla temperatura
 - (d) dipende solo dalla ampiezza della banda proibita.

3. (1pt) Si considerino due campioni di Si a temperatura ambiente, drogati rispettivamente con (I) $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, (II) $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$:
 - (a) la concentrazione di portatori maggioritari nel campione (I) è maggiore della concentrazione di portatori maggioritari nel campione (II)
 - (b) la concentrazione di portatori maggioritari nel campione (I) è uguale alla concentrazione di portatori maggioritari nel campione (II)
 - (c) la concentrazione di portatori minoritari nel campione (I) è uguale alla concentrazione di portatori minoritari nel campione (II)
 - (d) la concentrazione di portatori minoritari nel campione (I) è maggiore della concentrazione di portatori minoritari nel campione (II)

4. (1pt) In presenza di un gradiente di concentrazione uguale di elettroni e lacune
- (a) non c'è corrente di diffusione
 - (b) elettroni e lacune hanno correnti di diffusione uguali
 - (c) elettroni e lacune hanno correnti di diffusione diverse in modulo e di segno opposto
 - (d) elettroni e lacune hanno correnti di diffusione uguali in modulo e di segno opposto.
5. (1pt) In un semiconduttore, la condizione di *basso livello di iniezione* si verifica quando:
- (a) i portatori in eccesso hanno concentrazione trascurabile
 - (b) i portatori in eccesso hanno concentrazione molto maggiore della concentrazione dei portatori minoritari in equilibrio termodinamico, molto minore della concentrazione dei portatori maggioritari
 - (c) i portatori in eccesso hanno concentrazione molto maggiore della concentrazione dei portatori maggioritari in equilibrio termodinamico
 - (d) i portatori in eccesso hanno concentrazione molto minore delle concentrazioni dei portatori maggioritari e minoritari in equilibrio termodinamico
6. (1pt) In una giunzione *pn*, la tensione di *built-in*
- (a) è nulla in condizioni di equilibrio termodinamico
 - (b) dipende solo dal materiale semiconduttore da cui è costituita la giunzione
 - (c) dipende dal materiale semiconduttore utilizzato e dai drogaggi dei due lati della giunzione
 - (d) dipende dalla tensione esterna applicata alla giunzione.
7. (1pt) L'ampiezza della regione di svuotamento di una giunzione *pn*
- (a) non dipende dalla tensione applicata
 - (b) non dipende dal drogaggio dei due lati della giunzione
 - (c) aumenta in polarizzazione diretta
 - (d) diminuisce in polarizzazione diretta.
8. (2pt) Disegnare il circuito equivalente di piccolo segnale di un diodo *pn*, indicando in breve cosa rappresenta ogni componente.

9. (1pt) Un transistoro bipolare *npn* è polarizzato con $V_E = 0\text{ V}$, $V_B = 0.7\text{ V}$, $V_C = 5\text{ V}$. Il transistoro:
- (a) è in interdizione
 - (b) è in saturazione
 - (c) è in zona attiva diretta
 - (d) è in zona attiva inversa.
10. (1pt) In un transistoro bipolare, l'effetto Early
- (a) è trascurabile se la tensione base-collettore è sufficientemente negativa
 - (b) è causato dalla variazione della larghezza della base al variare della tensione base-collettore
 - (c) è importante se la base è più drogata dell'emettitore
 - (d) è causato dalla variazione della larghezza della base al variare della tensione base-emettitore.
11. (1pt) In un transistoro bipolare, si ha un funzionamento ottimale in regione attiva diretta se
- (a) la base è più drogata dell'emettitore
 - (b) il collettore è più drogato della base
 - (c) il fattore di trasporto e l'efficienza di emettitore hanno un valore molto prossimo a 1
 - (d) il fattore di trasporto e l'efficienza di emettitore sono molto maggiori di 1.
12. (2pt) Disegnare la caratteristica ibrida d'uscita $I_C(V_{CE})$ di un transistoro bipolare in configurazione a emettitore comune, mettendo in evidenza la zona attiva diretta (si trascuri l'effetto Early) e la zona di saturazione.

13. (1pt) In un sistema MOS su substrato di tipo p in condizioni di inversione
- (a) la carica nel metallo è positiva, la carica del substrato negativa
 - (b) la carica nel metallo è negativa, la carica del substrato positiva
 - (c) la carica nel metallo è negativa, la carica del substrato negativa
 - (d) la carica nel metallo è positiva, la carica del substrato positiva.
14. (3pt) Disegnare il diagramma a bande di un sistema MOS (polisilicio di tipo n^+ – ossido – silicio di tipo p) all'equilibrio termodinamico.

15. (1pt) In un MOS a canale n , a parità di tensione drain-source, la corrente di drain:
- (a) aumenta se la tensione gate-source aumenta
 - (b) diminuisce se la tensione gate-source aumenta
 - (c) aumenta o diminuisce a seconda che il dispositivo sia *normalmente on* o *normalmente off*
 - (d) non dipende dalla tensione gate-source.
16. (1pt) In un transistor MOS a canale p (substrato di tipo n), la corrente tra drain e source è dovuta:
- (a) agli elettroni del canale conduttivo
 - (b) alle lacune del canale conduttivo
 - (c) alle cariche dell'ossido
 - (d) alle lacune del substrato.
17. (2pt) Disegnare il più semplice circuito equivalente di piccolo segnale di un transistor a effetto di campo (JFET o MOSFET) in saturazione.

Dispositivi Elettronici
Prova scritta - Esercizi [11pt]
13 settembre 2005

Nome: _____
Cognome: _____
Matricola: _____
Anno di frequenza: _____
Firma: _____

Esercizi	Quiz	Totale

Costanti fisiche

$$\begin{array}{ll} h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js} & \hbar = h / (2\pi) \\ k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} & c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \\ m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} & q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C} \\ \epsilon_0 = 8.86 \times 10^{-12} \text{ F/m} & \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \end{array}$$

1. [5pt] Un campione di GaAs a $T = 300$ K ($E_g = 1.42$ eV; densità efficaci degli stati $N_C = 4.7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $N_V = 9.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$; coefficienti di diffusione $D_n = 200 \text{ cm}^2/\text{s}$, $D_p = 10 \text{ cm}^2/\text{s}$) è drogato con $N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$.

- (a) Calcolare le concentrazioni di portatori n_0, p_0 all'equilibrio termodinamico.
- (b) Calcolare la conducibilità del campione all'equilibrio termodinamico.

2. [6pt] Si consideri un transistor MOSFET di silicio a canale n a $T = 300$ K con le seguenti caratteristiche geometriche:

- larghezza del canale $W = 10 \mu\text{m}$;
- lunghezza del canale $L = 2 \mu\text{m}$;
- spessore dell'ossido di gate $t_{\text{ox}} = 10$ nm.

Sapendo che la corrente di drain *in saturazione*, misurata in corrispondenza di due diverse tensioni V_{GS} , vale:

- $I_{DSs}(V_{GS} = 3 \text{ V}) = 4 \text{ mA}$;
- $I_{DSs}(V_{GS} = 4 \text{ V}) = 9 \text{ mA}$;

si calcoli la tensione di soglia V_T del dispositivo e la mobilità degli elettroni nel canale.