

Dispositivi Elettronici
Prova scritta - Quiz e domande aperte [23pt]
23 dicembre 2003

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

1. (1pt) L'ampiezza della banda proibita nei semiconduttori composti InN e GaN vale rispettivamente 2.05 eV e 3.5 eV. La concentrazione intrinseca n_i :
 - (a) è sempre maggiore nel GaN, se i due materiali sono alla stessa temperatura
 - (b) è sempre minore nel GaN, se i due materiali sono alla stessa temperatura
 - (c) è sempre maggiore nel GaN, indipendentemente dalla temperatura
 - (d) è sempre minore nel GaN, indipendentemente dalla temperatura.

2. (1pt) In presenza di un campo elettrico costante applicato ad un semiconduttore intrinseco ($n = p = n_i$):
 - (a) Elettroni e lacune danno correnti di direzione uguale a quella del campo elettrico e verso coincidente
 - (b) Elettroni e lacune danno correnti uguali
 - (c) Elettroni e lacune danno correnti di direzione uguale a quella del campo elettrico e verso opposto.

3. (2pt) Tracciare qualitativamente l'andamento della velocità degli elettroni v_n in funzione del campo elettrico applicato \mathcal{E} nel silicio intrinseco, evidenziando la regione in cui si può definire la *mobilità di basso campo*.

4. (1pt) In un semiconduttore fuori equilibrio termodinamico, la condizione di *basso livello di iniezione* si verifica quando:
- (a) Le concentrazioni dei portatori in eccesso n' , p' sono maggiori della concentrazione dei portatori maggioritari in equilibrio termodinamico
 - (b) Le concentrazioni dei portatori in eccesso n' , p' sono molto maggiori della concentrazione dei portatori minoritari in equilibrio termodinamico, molto minori della concentrazione dei portatori maggioritari
 - (c) Le concentrazioni dei portatori in eccesso n' , p' sono molto minori delle concentrazioni dei portatori maggioritari e minoritari in equilibrio termodinamico.
5. (1pt) In una giunzione pn all'equilibrio termodinamico, la densità di carica netta $\rho(x)$:
- (a) È costante a tratti all'interno della regione di carica spaziale, nulla al suo esterno
 - (b) È massima in corrispondenza della giunzione
 - (c) È massima in corrispondenza degli estremi della regione di carica spaziale.
6. (1pt) In una giunzione pn in polarizzazione diretta $V_A > 0$:
- (a) La capacità di diffusione con l'aumentare di V_A
 - (b) La capacità di diffusione diminuisce con l'aumentare di V_A
 - (c) La capacità di diffusione è comunque trascurabile.
7. (2pt) Che cosa è il breakdown di un diodo? Quali meccanismi possono determinarlo?

8. (1pt) Le capacità parassite di un transistor bipolare in zona attiva diretta:
- (a) Sono capacità di diffusione
 - (b) La capacità BE è di diffusione, quella BC di svuotamento
 - (c) La capacità BC è di diffusione, quella BE di svuotamento.
9. (2pt) Illustrare per quali condizioni di polarizzazione delle giunzioni BE e BC un transistor bipolare è in saturazione, interdizione, zona attiva diretta e inversa.
10. (1pt) In un transistor bipolare:
- (a) l'effetto Early è causato dalla variazione della larghezza della base in funzione della tensione base-collettore
 - (b) l'effetto Early ha luogo quando la base è più drogata dell'emettitore
 - (c) l'effetto Early ha luogo in condizioni di alta iniezione.
11. (2pt) Disegnare la transcaratteristica ibrida d'uscita $I_C(V_{CE})$ di un transistor bipolare in configurazione a emettitore comune, mettendo in evidenza la zona attiva diretta e la zona di saturazione.
12. (2pt) Disegnare l'andamento tipico della transcaratteristica ibrida d'uscita $I_{DS}(V_{DS})$ di un FET in configurazione a source comune, mettendo in evidenza le differenti regioni di funzionamento, e la corrispondente curva $I_{DS}(V_{GS})$ in saturazione.

13. (1pt) Un FET a giunzione in saturazione approssima il comportamento ideale di:
- (a) Un generatore di tensione comandato in tensione
 - (b) Un generatore di tensione comandato in corrente
 - (c) Un generatore di corrente comandato in tensione
 - (d) Un generatore di corrente comandato in corrente.
14. (1pt) Per tensioni V_{DS} piccole, un transistor a effetto di campo sopra soglia si comporta approssimativamente come:
- (a) Un circuito aperto
 - (b) Una resistenza variabile il cui valore è controllato dal valore di V_{GS}
 - (c) Un amplificatore la cui transconduttanza è controllata dal valore di V_{GS} .
 - (d) Un corto circuito
15. (1pt) Un MOS a canale n ha una tensione di soglia di -2 V ed è polarizzato a $V_{DS} = 2\text{ V}$, $V_{GS} = 1\text{ V}$. Il dispositivo:
- (a) è in interdizione
 - (b) è in zona triodo
 - (c) è in saturazione.
16. (1pt) In un MOS a canale p la tensione di soglia è pari a 3 V .
- (a) il dispositivo è normalmente on
 - (b) il dispositivo è normalmente off
 - (c) non si può dire, sulla base dell'informazione data.
17. (2pt) Disegnare lo schema circuitale di una porta logica NOT (inverter) realizzata in tecnologia CMOS (ovvero con una coppia di transistori MOS complementari).

Dispositivi Elettronici
Prova scritta - Esercizi [10pt]
23 dicembre 2003

Nome: _____
Cognome: _____
Matricola: _____
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. **[3pt]** Calcolare le densità di elettroni e di lacune e la posizione del livello di Fermi (disegnando il diagramma a bande quotato) in un campione uniforme di Si ($E_g = 1.12$ eV) parzialmente compensato con drogaggio $N_A = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ e $N_D = 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Si supponga $T = 300$ K, $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, e si consideri approssimativamente uguale la densità efficace degli stati nelle bande di conduzione e di valenza.

2. (3pt) Un FET con tensione di soglia di -7 V e $I_{DSS} = 200\text{ mA}$ è polarizzato in saturazione in modo tale che la corrente di drain sia pari a $2/3$ della corrente massima. Calcolare i corrispondenti valori della tensione V_{GS} di polarizzazione e della transconduttanza g_m del dispositivo, usando il modello quadratico della caratteristica $I_D(V_{GS})$ in saturazione.

3. Un transistoro bipolare *npn* di silicio a 300 K ($n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $\epsilon_r = 12$) ha le seguenti caratteristiche:

- lunghezza dell'emettitore: $W_E = 3.0 \mu\text{m}$;
 - lunghezza del collettore: $W_C = 5.0 \mu\text{m}$;
 - concentrazione di droganti nell'emettitore: $N_{DE} = 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$;
 - concentrazione di droganti nella base: $N_{AB} = 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$;
 - concentrazione di droganti nel collettore: $N_{DC} = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$;
 - mobilità degli elettroni: $\mu_{n0} = 1200 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$;
 - mobilità delle lacune: $\mu_{h0} = 600 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$;
 - tempo di vita medio dei portatori minoritari nella base: $\tau_0 = 10 \text{ ns}$.
- (a) (2pt) Si valuti la lunghezza della base che corrisponde a un fattore di trasporto $b = 0.99$, e si determini la corrispondente amplificazione di corrente a emettitore comune in zona attiva diretta β_F .
- (b) (2pt) Si disegni il circuito equivalente per piccolo segnale ibrido del transistoro, e se ne valutino i parametri (trascurando l'effetto Early e le capacità parassite) in corrispondenza di una corrente di collettore di polarizzazione $I_C = 100 \text{ mA}$.