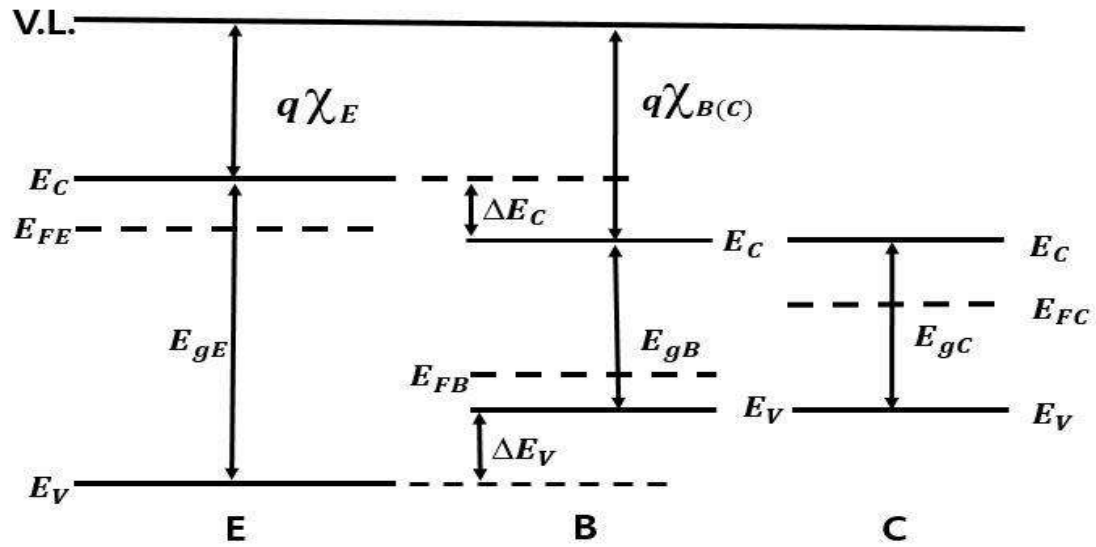


【 문제-1 】 (30점)

$V_{BE} = V_a [V]$, $V_{CB} = V_b [V]$ 의 바이어스 전압(bias voltage)이 인가되어, 활성 영역(active region)에서 동작하는 npn BJT에 대하여 다음 물음에 답하시오.

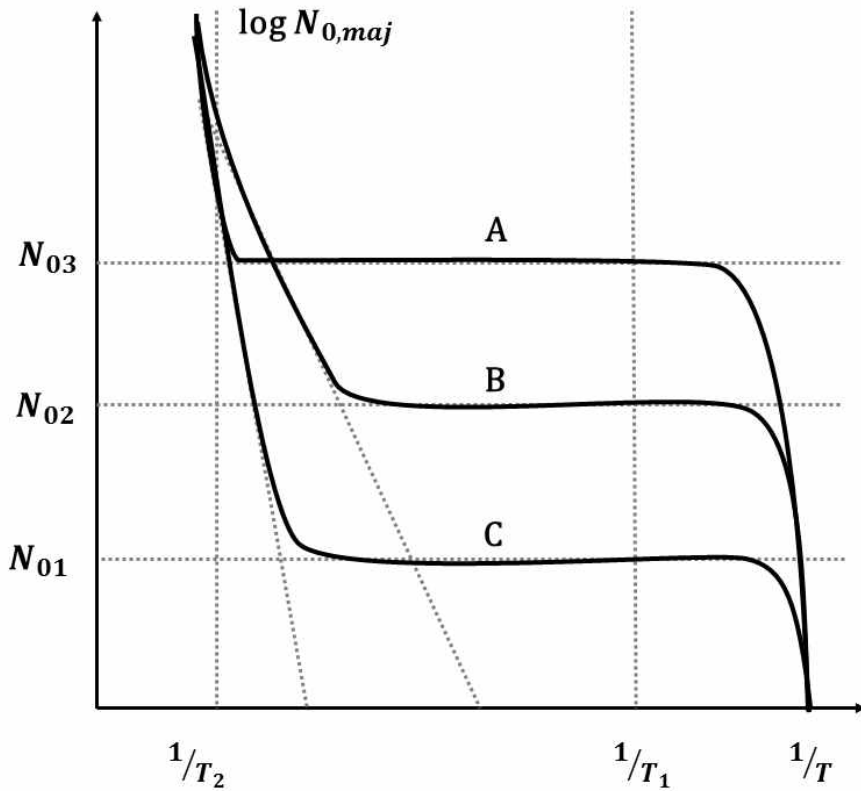
- (1) $r_\pi(r_{be})$, $C_\pi(C_{be})$, $C_\mu(C_{bc})$, $r_o(r_{ce})$, $g_m v_\pi(g_m v_{be})$ 로 구성되는 하이브리드-파이 모델(hybrid- π model)을 이용하여 BJT의 단락회로 전류이득(short-circuit current gain) $|\beta(f)|$ 의 주파수 의존성을 개략적으로 그리고, 전류이득 차단주파수(current-gain cutoff frequency) f_t 의 표현식을 모델 파라미터의 함수로 유도하여 구하시오. (단, $\omega C_\mu \ll g_m$ 이라 가정한다.) (10점)
- (2) 동종접합(homo-junction) BJT를 고속 스위칭 소자(high-speed switching device)로 동작시키기 위한 소자의 주파수 특성 개선 방법을 소자 설계 측면에서 제시하고 그 이유를 설명하시오. (8점)
- (3) 다음 그림과 같이 이미터의 밴드갭 에너지(band gap energy) E_{gE} 가 베이스와 컬렉터의 밴드갭 에너지 $E_{gB} = E_{gC}$ 보다 큰 서로 다른 반도체로 구성된 Npn이종접합 바이폴라 트랜지스터(Hetero-junction Bipolar Transistor, HBT)의 열평형상태(thermal equilibrium state)에서의 에너지 대역도(energy band diagram)와 문제의 바이어스 상태(활성영역)에서의 에너지 대역도를 그리고 E_F , ΔE_C , ΔE_V , E_{FN} , E_{FP} , E_{Fn} , qV_a , qV_b 를 대역도에 표시하시오. (단, 활성 영역에서는 저수준 주입(low-level injection)상태라 가정한다.) (8점)



- (4) (3)번의 HBT는 동종접합 BJT와 비교하여 어떤 특성이 우수한 지를 (3)번의 에너지 대역도를 이용하여 설명하시오. (4점)

【 문제-2 】 (20점)

Si 반도체와 GaAs 반도체의 온도에 따른 열평형 상태의 다수 캐리어 농도를 측정하여 아래 그림과 같은 결과를 얻었다. 이 반도체 중에서 에너지 밴드갭이 큰 반도체는 도너를, 작은 반도체는 억셉터를 불순물로 주입하였다. 다음 물음에 답하시오. (단, $N_{01} \gg n_i$, $N_{02} = 20N_{01}$, $N_{03} = 20N_{02}$ 으로 가정하고, 비교의 편의를 위하여 두 반도체의 전도대역과 가전자대역의 유효상태밀도는 동일한 것으로 가정한다.)



- (1) 반도체 A는 Si과 GaAs 중 어느 반도체이며, n형인지 p형인지 근거를 제시하여 설명하시오. (8점)
- (2) 반도체 B는 Si과 GaAs 중 어느 반도체이며, n형인지 p형인지 근거를 제시하여 설명하시오. (4점)
- (3) 온도 T_1 에서 반도체 A와 C의 다수캐리어 농도($N_{0,maj}$)와 소수캐리어 농도($N_{0,min}$)를 각각 비교하시오. (8점)

【 문제-3 】 (30점)

게이트 길이 $L=0.1\ [\mu\text{m}]$, $(W/L)=10$ 인 n채널 MOSFET가 있다. n^+ poly-Si을 게이트로, $N_A=5\times 10^{17}\ [\text{cm}^{-3}]$ 의 p형 Si을 기판으로, 반전채널의 이동도는 $\mu_{eff}\cong 900\ [\text{cm}^2/V\cdot s]$, $t_{ox}=5\ [\text{nm}]$ 인 SiO_2 산화막을 절연체로 사용한다. 다음 물음에 답하시오. (단, Si의 $n_i\cong 10^{10}\ [\text{cm}^{-3}]$, $\epsilon_{si}\cong 12\epsilon_0$ 이고, SiO_2 의 $\epsilon_{ox}\cong 4\epsilon_0$, 게이트와 기판의 일함수차이는 $-0.996\ [\text{V}]$, 산화막 전하는 없는 것으로 가정하며, 드레인 전류의 포화는 채널소멸 현상에 의함)

- (1) $V_{GS}=1.0\ [\text{V}]$ 의 게이트 전압이 인가된 경우, 드레인 포화전압($V_{DS,sat}$)과 포화 전류($I_{DS,sat}$)를 구하시오. (7점)
- (2) $V_{GS}=1.0\ [\text{V}]$ 의 게이트 전압이 인가된 경우, 포화영역의 전달 컨덕턴스(g_m)를 구하시오. (2점)
- (3) 기판농도, $N_A=5\times 10^{17}\ [\text{cm}^{-3}]$ 과 $N_A=5\times 10^{18}\ [\text{cm}^{-3}]$ 에 대해 각각 약한 반전상태 전류 기울기 $SS[\text{mV/dec}]$ 를 계산하고 비교하시오. (13점)
- (4) 게이트 산화막 두께, $t_{ox}=5\ [\text{nm}]$ 와 $t_{ox}=2\ [\text{nm}]$ 에 대해 각각 약한 반전상태 전류 기울기 $SS[\text{mV/dec}]$ 를 계산하고 비교하시오. (8점)

【 문제-4 】 (20점)

격자 상수(lattice constant) $a = 10 \text{ \AA}$, 밴드갭 에너지(band gap energy) $E_g \equiv E_C - E_V = 1.4 \text{ [eV]}$, 가전자 대역(valence band)의 유효 상태 밀도(effective density of states) $N_V = 2 \times 10^{21} \text{ [cm}^{-3}\text{]}$, 호울(hole)과 전자(electron)의 유효 질량(effective mass)비가 $m_p^* = 5m_n^*$ 인 다이아몬드 격자(diamond lattice)구조를 갖는 4족 원소 반도체(elementary semiconductor)에 대하여 다음 물음에 답하시오. (단, 상온(300 K)에서 $kT = 0.0259 \text{ [eV]}$ 이다.)

- (1) 격자 내에서 최단 원자간 거리(하나의 원자의 중심에서 인접하는 원자의 중심까지의 최단거리)로 정의되는 결합 길이(bond length)를 구하시오. (5점)
- (2) 반도체 원자의 10^5 개 당 1개의 원자가 5족 불순물 원자(impurity atom)로 치환(도핑)되어 100% 이온화되었다고 할 때, 전도대역(conduction band)의 최소 에너지 준위(minimum energy level) E_C 와 페르미 준위(Fermi level) E_F 의 에너지 차인 $E_C - E_F \text{ [eV]}$ 를 구하시오. (10점)
- (3) (2)번의 외인성 반도체(doped semiconductor)에 빛이 조사되어 $10^{12} \text{ [cm}^{-3}\text{]}$ 의 전자-호울쌍(electron-hole pair, EHP)이 생성되어 정상상태(steady state)에 도달하였을 때, 진성 페르미 준위(intrinsic Fermi level) E_i 와 호울의 의사 페르미 준위(quasi-Fermi level) E_{Fp} 의 에너지 차인 $E_i - E_{Fp} \text{ [eV]}$ 를 구하시오. (5점)