

2015년도 제52회 변리사 2차 국가자격시험 문제지

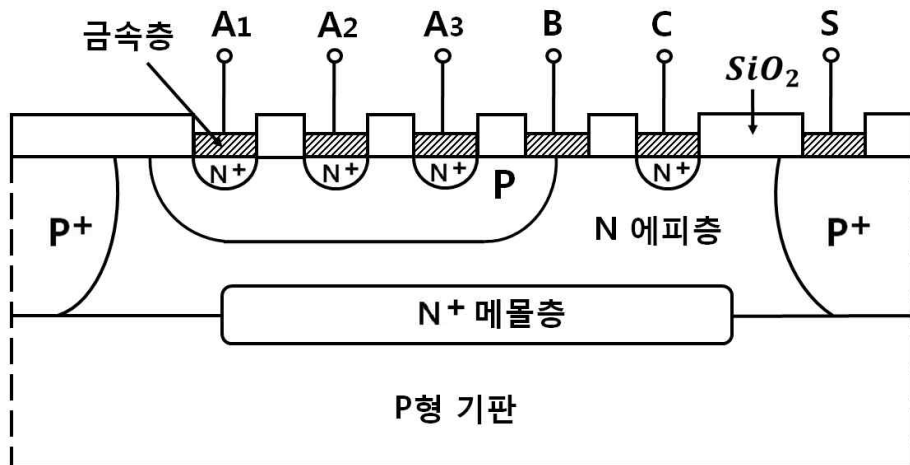
교 시	시험과목	시험시간	수험번호	성 명
2교시	반도체공학	120분		

【 문제-1 】 (30점)

아래 그림은 도핑농도가 $10^{15}/\text{cm}^3$ 인 P형 실리콘(Si) 기판을 이용하여 제작한 집적회로 반도체 소자의 개략적인 단면도를 나타내고 있다. 아래 공정변수 및 주요상수를 이용하여 상온(300K)에서 다음의 물음에 답하시오.

< 공정변수 및 주요상수 >

N 에피층 농도= $10^{16}/\text{cm}^3$, P형 반도체 농도= $10^{18}/\text{cm}^3$, N^+ 농도= $10^{20}/\text{cm}^3$,
 빗금친 금속전극인 알루미늄(Al) 일함수= 4.28eV , 실리콘의 전자친화도= 4.05eV ,
 300K에서 열전압 $V_{th} = 26\text{mV}$, 진성 실리콘 캐리어농도= $10^{10}/\text{cm}^3$

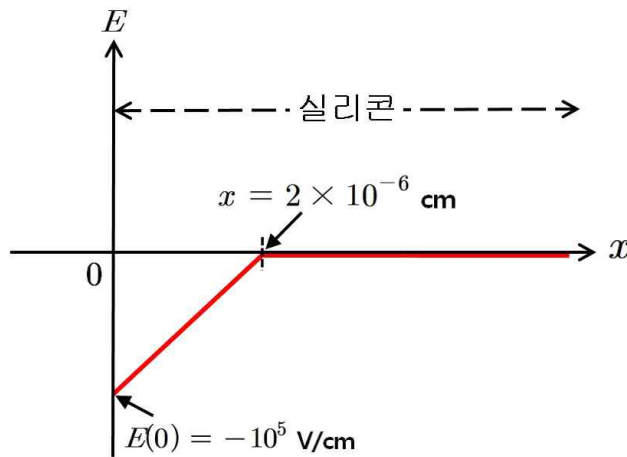


- (1) 단자 A_1 과 단자 A_2 사이에서 금속층과 N^+ 층의 금속-반도체 일함수차[eV]를 구하여 접합의 종류를 설명하고 순방향 전류가 흐르는 원리를 에너지 대역도 (band diagram)를 이용하여 설명하시오. (6점)
- (2) 단자 A_1 과 단자 A_2 사이 N^+-P-N^+ 구조에서 N^+ 층과 P층 사이의 내부 전압(built-in voltage)을 구한 후 평형상태 에너지 대역도를 그리고, 순방향과 역방향의 전압-전류 특성곡선을 이용하여 설명하시오. (6점)

- (3) 아래 평형상태의 두 종류의 접합에서 금속-반도체 일함수차[eV]를 구하여 쇼트키접합(Schottky contact) 혹은 저항성접합(ohmic contact)을 구분하고, 두 접합과 함께 PN 접합을 이용한 실리콘 다이오드의 전압-전류 특성을 개략적으로 그리시오. (11점)
- ① 단자 A_3 과 단자 B 사이 금속층과 P 층의 접합
 - ② 단자 B 와 단자 C 사이 금속층과 N 층의 접합
- (4) 다이오드와 트랜지스터의 표준 전자소자 심벌을 사용하여 단자 A_1, A_2, A_3, B, C 가 기록된 회로도를 그리고, 이 소자를 TTL(transistor-transistor logic) 논리 게이트에 사용할 경우 장점을 설명하시오. (7점)

【 문제-2 】 (20점)

아래 그림에서 $x > 0$ 영역은 반도체 실리콘 기판이고 $x < 0$ 영역은 비유전상수가 3.9인 두께 10nm 의 SiO_2 절연막 그리고 금속전극으로 구성된 MOS 구조이며, 아래 그래프는 열평형 상태의 실리콘 반도체 영역에서 전계(E) 분포를 나타내고 있다. 여기서 실리콘의 비유전상수가 11.8이고 자유공간의 유전상수 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-14} [\text{F/cm}]$ 일 때 다음의 물음에 답하시오.



- (1) 반도체의 벌크(bulk)에서 전위가 0V라고 가정하면 산화막-반도체 경계면 ($x = 0$)에서 반도체의 표면전압 $V(0)$ 를 구하시오. (3점)
- (2) 포아송방정식(Poisson's equation)을 이용하여 $x > 0$ 영역의 실리콘 반도체의 종류(P-형, N-형)를 설명하고 도핑 농도를 구하시오. (7점)
- (3) 전속밀도 $[\text{C/m}^2]$ 의 연속 경계조건을 이용하여 산화막에서 인가된 전계와 산화막에 걸리는 전압을 계산하여 금속 전극의 정적전압(static voltage)을 구하시오. (10점)

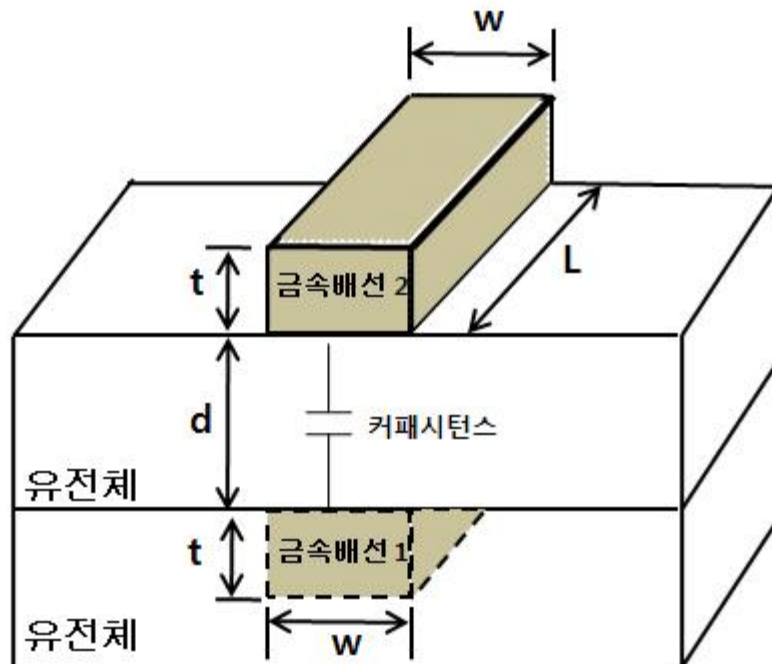
【 문제-3 】 (30점)

실리콘반도체에 $10^{16}/\text{cm}^3$ 의 비소(As)로 균일 도핑(doping)된 직육면체 형상의 반도체가 있다. 직육면체의 길이 방향으로 $100\text{V}/\text{cm}$ 의 전계가 가해질 때 직육면체의 길이 방향으로 이동하는 전자의 드리프트 속도(drift velocity)가 $1.35 \times 10^5 \text{cm}/\text{s}$ 이다. (단, 조건은 300K , $q=1.6 \times 10^{-19}\text{C}$, $kT=0.026\text{eV}$, 플랑크 상수 $6.63 \times 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s}$, 광속 $3 \times 10^8 \text{m}/\text{s}$, $1\text{eV}=1.6 \times 10^{-19}\text{J}$, 실리콘 밴드갭 에너지 1.1eV 이다. 계산결과는 소수점 넷째 자리에서 반올림하여 셋째 자리까지 구한다.) 다음의 물음에 답하시오.

- (1) 전자의 이동도(mobility)를 구하고, 구해진 이동도 값을 활용하여 전자의 확산 계수(diffusion coefficient), 전기전도도(conductivity) 및 전류밀도(current density)를 각각 구하시오. (16점)
- (2) $100\text{V}/\text{cm}$ 의 전계조건에서 도핑 농도를 증가시킬수록 전자의 드리프트 속도의 변화가 일어났다. 그 원인을 설명하시오. (4점)
- (3) 이 반도체가 파장 550nm 의 광 검출 반도체로 사용될 수 있는지를 판단하고자 한다. 가시광영역 550nm 의 빛을 에너지로 환산하고, 이 반도체가 광 검출 반도체로 적용가능한지를 설명하시오. (10점)

【 문제-4 】 (20점)

다음 그림과 같이 서로 마주 보는 대칭 구조의 금속배선 1과 금속배선 2 및 금속 배선 1과 2 사이에는 유전체로 채워진 다층배선(multi-level interconnection) 구조가 있다. 직육면체 형상의 금속 배선에는 전기 저항(resistance)이 있고 금속 배선 1과 2 사이 유전체에는 평행판(parallel plate) 커패시터모델의 커패시턴스(capacitance)만 있다고 가정한다. (단, 금속 배선의 전기저항률 ρ , 배선길이 L , 배선두께 t , 배선평 w , 금속배선 1과 2 사이의 거리 d , 금속배선 1과 2 사이 유전체의 유전율 ϵ 이다.) 다음의 물음에 답하시오.



- (1) 금속배선 2의 전기저항을 $R = \rho L / wt$ 이라 할 때 RC 시정수(time constant)를 금속 배선의 전기저항률 ρ , 배선길이 L , 배선두께 t , 배선평 w , 금속배선 1과 2 사이의 거리 d , 금속배선 1과 2 사이 유전체의 유전율 ϵ 을 사용하여 수식적으로 나타내고, RC 시정수를 줄일 수 있는 방안을 설명하시오. (10점)
- (2) 금속배선 1을 Cu(copper)배선 패턴으로 제작함에 있어서 RIE(reactive ion etching)공정을 적용하기 어려운 이유와 Cu배선 패턴 구현에 적합한 대표적인 반도체 공정 방법을 제시하시오. (10점)