

1. 下の説明文が正しい場合は○, 間違っている場合は×を回答欄に記せ.

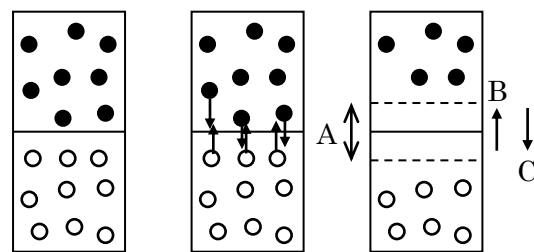
No.	説明文	回答
(1)	電界が加わることにより流れる電流を拡散電流と呼ぶ.	
(2)	導電率は抵抗率の逆数である.	
(3)	pn 接合に順バイアス電圧を加えると電子が p 形から n 形半導体に移動する.	
(4)	空乏層には自由なキャリアが大量に存在する.	
(5)	半導体に電界を加えると, 電子と正孔はそれぞれ同じ方向に加速される.	
(6)	pn 接合に逆バイアス電圧を加えると空乏層幅が減少する.	
(7)	半導体中の全電流密度は, 電子の電流密度と正孔の電流密度の差である.	
(8)	pn 接合ダイオードの電流はアノードからカソードへ向かって流れる.	
(9)	ダイオードは整流作用を持つ.	
(10)	半導体中の電流密度は導電率と電界に比例する.	

2. 下の説明に当てはまる語句を回答欄に答えよ.

No.	説明文	回答
(1)	電界が加わることにより発生する電流	
(2)	pn 接合で生じる n 形半導体と p 形半導体のエネルギーの差	
(3)	半導体において電子または正孔の存在確率が 1/2 となる準位	
(4)	拡散係数と移動度の関係を表すもの	
(5)	エネルギーの大きい電子が原子に衝突することで価電子が伝導帯に励起される現象	
(6)	ダイオードで電流が流れないように外部電圧を加えること	
(7)	ダイオードにみられる, ある方向には電流が流れやすいが, 逆方向には電流が流れにくいという特性	
(8)	キャリア密度の差が原因で発生する電流	
(9)	ダイオードで電流が流れるように外部から電圧を加えること	
(10)	pn 接合面付近に生じるキャリアの少なくなった領域	

3. 図1は pn 接合を示した模式図で, 図中の○は正孔, ●は電子を表している. 下の説明文の [1]~[10] に入る語句を回答欄に記載せよ.

図1(a)のような pn 接合を作ると同図(b)のように, 電子が[1]により[2]から[3]へ, 正孔が[3]から[2]へ移動する. 電子と正孔は接合面付近で[4]する. その結果, 同図(c)のように A の部分にキャリアが無い[5]ができる. A の部分のうち[2]中にはイオン化した[6]が, [3]中にはイオン化した[7]が存在する. このことにより, [8]方向の[9]が発生する. これにより[10]の移動が停止する.



(a) 接合前 (b) 接合中 (c) 接合後
図1 pn 接合の図

回答:

[1]		[2]		[3]		[4]		[5]	
[6]		[7]		[8]		[9]		[10]	

4. 27°Cのシリコン真性半導体に電界 200 [V/m] を加えた. 以下の問いに答えよ.
但し, 真性半導体キャリア密度を 1.50×10^{16} [cm⁻³] とし, 電子と正孔の移動度をそれぞれ 1,600 [cm²/V · s], 400 [cm²/V · s] とする.

(1) このときの半導体中に流れる電流密度を求めよ.

(2) この半導体の抵抗率を求めよ.

(3) この半導体の電子と正孔の拡散係数をそれぞれ求めよ.

5. 300 K の温度状態において、フェルミ準位より 0.1 eV 高いエネルギー状態を電子が占める確率を求めよ.

7. 300K における真性 Si のキャリア濃度を求めよ. 但し, Si のバンドギャップは 1 eV とする. 但し, 電子の有効質量は $0.3m_0$, 正孔の有効質量は $0.5m_0$ とする.

6. 17 °C における Si の価電子帯と伝導帯の有効状態密度をそれぞれ求めよ. 但し, 正孔の有効質量は $0.5m_0$, 電子の有効質量は $0.3m_0$ とする (m_0 は電子の静止質量).

【参考】 必要に応じて下の定数や式を使用せよ.

電子の電荷 = 1.60×10^{-19} [C], 電子の静止質量 = 9.11×10^{-31} [kg], 真空中の誘電率 = 8.85×10^{-12} [F/m], プランク定数 = 6.60×10^{-34} [m² kg / s], ボルツマン定数 = 1.38×10^{-23} [J/K],

$$f(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{k_B T}\right)}, \quad g_c(E) = 4\pi \left(\frac{2m_n^*}{h^2}\right)^{3/2} (E - E_C)^{1/2}, \quad g_v(E) = 4\pi \left(\frac{2m_p^*}{h^2}\right)^{3/2} (E_v - E)^{1/2},$$

$$N_C = 2 \left(\frac{2\pi m_n^* k_B T}{h^2}\right)^{3/2}, \quad N_V = 2 \left(\frac{2\pi m_p^* k_B T}{h^2}\right)^{3/2}, \quad E_F = \frac{E_C + E_V}{2} + \frac{3k_B T}{4} \ln\left(\frac{m_p^*}{m_n^*}\right),$$

$$n_i(T) = 2 \left(\frac{2\pi k_B T}{h^2}\right)^{3/2} (m_n^* m_p^*)^{3/4} \exp\left(-\frac{E_g}{2k_B T}\right), \quad n_o = N_C \exp\left(-\frac{E_C - E_F}{k_B T}\right), \quad p_o = \frac{n_i^2}{n_o} \cong \frac{n_i^2}{N_d},$$

$$E_F = E_C - k_B T \ln\left(\frac{N_C}{N_d}\right), \quad E_F = E_V + k_B T \ln\left(\frac{N_V}{N_a}\right)$$

$$J_n = qD_n \frac{dn}{dx}, \quad D_p = \frac{k_B T}{q} \mu_p, \quad J = J_n + J_p = q(n\mu_n + p\mu_p)E = \sigma E, \quad \sigma = q(n\mu_n + p\mu_p)$$