

広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）
量子物質科学プログラム 入学試験 **解答用紙** 【電子工学分野】

2025.8.28

I	電磁気学
---	------

受験番号	M								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答例

一義的な解答が示せない記述式の問題については、解答の過程を省略している。

問 1 の意図：連続的電荷分布が作る電場を理解し、電場を導出する能力を問う。

$$(1) dE_z(h, a) = \frac{\sigma a da}{2\epsilon_0} \frac{h}{(a^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$(2) E_z(h) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \frac{h}{|h|}$$

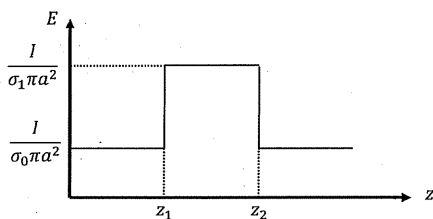
(3) 導出略。

問 2 の意図：定常電流、電気伝導率および電流密度と電場の関係（オームの法則）の理解度を問う。

$$(1) J = \frac{I}{\pi a^2}$$

$$(2) E = \frac{I}{\sigma_0 \pi a^2}$$

$$(3) E_1 = \frac{I}{\sigma_0 \pi a^2}, E_2 = \frac{I}{\sigma_1 \pi a^2}, E_3 = \frac{I}{\sigma_0 \pi a^2}$$



(4) 単位時間に発生する単位体積あたりのジュール熱はそれぞれ、

$$z < z_1 \text{ の領域： } \frac{I^2}{\sigma_0 \pi^2 a^4}$$

$$z_1 < z < z_2 \text{ の領域： } \frac{I^2}{\sigma_1 \pi^2 a^4}$$

$$z > z_2 \text{ の領域： } \frac{I^2}{\sigma_0 \pi^2 a^4}$$

となる。 $\sigma_0 > \sigma_1$ なので、電気伝導率が低い領域（ σ_1 ）で値が大きくなる。

広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）
量子物質科学プログラム 入学試験解答用紙 【電子工学分野】

2025.8.28

Ⅱ	回路工学
---	------

受験番号	M								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答例

一義的な解答が示せない記述式の問題については、解答の過程を省略している。

問 1 の意図：交流回路の理解度を問う。

- (1) 導出略。
- (2) $Z_4 = \frac{R_1 R_2}{Z}$, $Z_5 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) Z$, $Z_6 = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) Z$
- (3) $Z_7 = R_1 R_2 / Z$, $Z_8 = Z(R_1 + R_2)^2 / R_1 R_2$
- (4) $L_8 = 1 \text{ mH}$, $C_7 = 1 \text{ mF}$

問 2 の意図：集中定数回路と分布定数回路における過渡現象の理解度を問う。

- (1) (a) $\tau_1 = L/R_s$
導出略。
- (2) (b) $\frac{v_s}{R_s + Z_0}$
- (c) $\frac{2Z_0}{R_s + Z_0} v_s$

広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）
量子物質科学プログラム 入学試験 **解答用紙** 【電子工学分野】

2025.8.28

Ⅲ	半導体工学
---	-------

受験番号	M								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

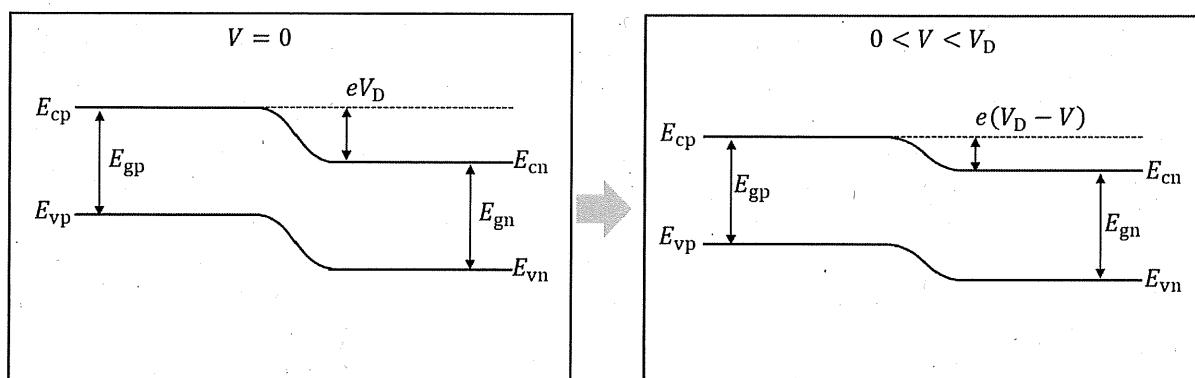
解答例

一義的な解答が示せない記述式の問題については、解答の過程を省略している。

問の意図：半導体 p-n 接合の電流輸送特性の理解度を問う。

(1) (a) 少数キャリアの注入 (b) 拡散 (c) 再結合

(2)



$$E_{gp} = E_{gn}$$

(3) (a) $p_n \exp\left(\frac{eV}{k_B T}\right)$, (b) p_n

(4) 一項目：拡散電流

二項目：ドリフト電流

二項目が無視できる理由： $x \geq x_n$ でバンドの傾きがないため、ポテンシャルの変化がなく、電界がゼロになるため。

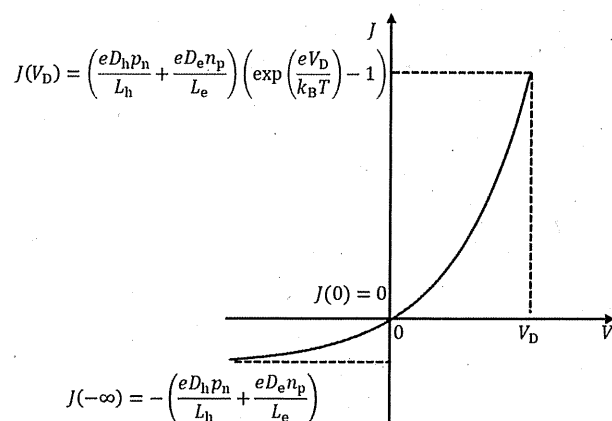
(5) 導出略。

(6) p 領域の $x \leq -x_p$ の電子濃度を $n(x)$ とすると、2つの境界条件は $n(-\infty) = n_p$, $n(-x_p) = n_p \exp\left(\frac{eV}{k_B T}\right)$ 。

電子電流密度方程式： $J_e(x) = eD_e \frac{\partial n(x)}{\partial x} + e\mu_e n(x)E(x)$

(7) $J = J_h(x_n) + J_e(-x_p) = \left(\frac{eD_h p_n}{L_h} + \frac{eD_e n_p}{L_e}\right) \left(\exp\left(\frac{eV}{k_B T}\right) - 1\right)$

(8)



広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）
量子物質科学プログラム 入学試験 **解答用紙** 【電子工学分野】

2025.8.28

IV	量子力学
----	------

受験番号	M								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答例

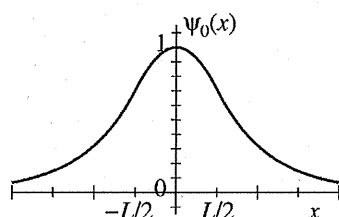
問の意図：量子力学における1次元井戸型ポテンシャル内の粒子の運動の理解度を問う。

$$(1) \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + V(x) \right] \psi_0(x) = E_0 \psi_0(x)$$

$$(2) k = \frac{\sqrt{2mE_0}}{\hbar}, \quad \gamma = \frac{\sqrt{2m(U-E_0)}}{\hbar}$$

$$(3) \cos \frac{kL}{2} = c, \quad k \sin \frac{kL}{2} = c\gamma$$

$$(4) E_0 = \frac{U_0}{2} \text{ の場合の例}$$



$$(5) \tan \frac{kL}{2} = \frac{\gamma}{k}$$

$$(6) \tan \frac{kL}{2} = 1, \quad k = \frac{\pi}{2L}, \quad E_0 = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\pi}{2L} \right)^2$$

$$(7) \text{不確定性関係: } \Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\frac{\langle p^2 \rangle}{2m} \geq \frac{\hbar^2}{8m\Delta x^2}$$