提出期限：2025 年 11 月 27 日 (木) 12:30

電子工学 課題 1 レポート

学籍番号：　　　　　　　　　氏名：

使用定数

$$k = 1.38 \times 10^{-23}\,[\mathrm{J \cdot K^{-1}}] \qquad e = 1.60 \times 10^{-19}\,[\mathrm{C}]$$
$$m = 9.11 \times 10^{-31}\,[\mathrm{kg}] \qquad h = 6.63 \times 10^{-34}\,[\mathrm{J \cdot s}]$$
$$c = 3.00 \times 10^{8}\,[\mathrm{m/s}]$$

課題 1

条件:

- 温度 $T = 2500\,[\mathrm{K}]$
- 半径 $r = 1.50 \times 10^{-4}\,[\mathrm{m}]$
- 全電流 $I = 2.00 \times 10^{-3}\,[\mathrm{A}]$
- 仕事関数 $\phi = 4.52\,[\mathrm{eV}]$

解答:

リチャードソン・ダッシュマンの式

$$J = AT^2 \exp\left(-\frac{e\phi}{kT}\right) \tag{1}$$

リチャードソン定数 A

$$\begin{aligned} A &= \frac{4\pi mek^2}{h^3} \\ &= \frac{4\pi(9.11 \times 10^{-31})(1.60 \times 10^{-19})(1.38 \times 10^{-23})^2}{(6.63 \times 10^{-34})^3} \\ &\approx 1.20 \times 10^{6}\,[\mathrm{A \cdot m^{-2} \cdot K^{-2}}] \end{aligned}$$

指数項

$$\begin{aligned} \frac{e\phi}{kT} &= \frac{(1.60 \times 10^{-19}) \times 4.52}{(1.38 \times 10^{-23}) \times 2500} \\ &\approx 20.96 \end{aligned}$$

電流密度 J

$$\begin{aligned} J &= (1.20 \times 10^6) \times (2500)^2 \times \exp(-20.96) \\ &\approx 5.91 \times 10^3 \, [\mathrm{A/m^2}] \end{aligned}$$

フィラメント長 L ($I = J \cdot 2\pi r L$ より)

$$\begin{aligned} L &= \frac{I}{J \cdot 2\pi r} \\ &= \frac{2.00 \times 10^{-3}}{(5.91 \times 10^3) \cdot 2\pi \cdot (1.50 \times 10^{-4})} \\ &\approx 3.59 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\therefore L = 3.59 \times 10^{-4} \, [\mathrm{m}]$$

課題 2

条件:

- 仕事関数 $\phi = 4.27 \, [\mathrm{eV}]$
- 波長 $\lambda = 45.5 \, [\mathrm{nm}] = 4.55 \times 10^{-8} \, [\mathrm{m}]$

解答:

光電効果の式より最大速度 v_m

$$\frac{hc}{\lambda} = e\phi + \frac{1}{2} m v_m^2 \quad \Longleftrightarrow \quad v_m = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{hc}{\lambda} - e\phi\right)} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} v_m &= \sqrt{\frac{2}{9.11 \times 10^{-31}}\left(\frac{(6.63 \times 10^{-34})(3.00 \times 10^8)}{4.55 \times 10^{-8}} - (1.60 \times 10^{-19})(4.27)\right)} \\ &= \sqrt{\frac{2}{9.11 \times 10^{-31}}(4.37 \times 10^{-18} - 6.83 \times 10^{-19})} \\ &\approx 2.85 \times 10^6 \end{aligned}$$

$$\therefore v_m = 2.85 \times 10^6 \, [\mathrm{m/s}]$$

課題 3

条件:

- 二次電子放出比 $\delta = 4.0$
- 段数 $n = 10$
- コレクタ電流 $I_o = 0.125 \times 10^{-3} \, [\mathrm{A}]$

解答:

総合利得 $G = \delta^n$ より、一次光電流 I_p

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{I_o}{\delta^n} \\ &= \frac{0.125 \times 10^{-3}}{4.0^{10}} \\ &\approx 1.19 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

$$\therefore I_p = 1.19 \times 10^{-10}\,[\mathrm{A}]$$

課題 4

条件:

$$V = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\,[\mathrm{V}]$$

解答:

電界 $\boldsymbol{E} = -\nabla V$

$$\boldsymbol{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

x 成分

$$\begin{aligned} E_x &= -\frac{\partial}{\partial x}(x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{1}{2}} \\ &= -\left(-\frac{1}{2}\right)(x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot (2x) \\ &= \frac{x}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \end{aligned}$$

対称性より

$$\begin{aligned} E_y &= \frac{y}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \\ E_z &= \frac{z}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \end{aligned}$$

$$\therefore \boldsymbol{E} = \frac{1}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}(x, y, z)\,[\mathrm{V/m}]$$