

〔実験の目的〕

スペクトルの観察やフォトダイオードの実験を通して光の波動性と量子性、光電効果に関する理解を深める。

〔実験の原理〕

○光のスペクトル

水素や希ガスなどを高電圧などの印加により励起状態にすると、それよりも低いエネルギー準位に遷移するときエネルギーの差の分だけ電磁波（光）を放出する。この光をプリズムで分光し、光の強度を各波長に対して測定したものを発光スペクトルと呼ぶ。原子は量子化されたエネルギー準位を固有に持つので、発光スペクトルより物質の電子エネルギー準位間隔を求めることができる。

○太陽電池

物質の電気伝導性は価電子体に存在する電子がバンドギャップを飛び越えることによって生じる。バンドギャップ以上の光エネルギー（波長が短い光ほどエネルギーが高い）が入射すると光電効果により電子と正孔が発生する。太陽電池においては、電子が n 型半導体へ、正孔が p 型半導体へと移動することによって生じる p-n 接合間の電位差（端子電圧）を電力として取り出す。

〔実験方法〕

<実験 1：原子の放出スペクトル>

プリズム分光器の目盛対波長の校正曲線をつくり、これを用いて H₂ 放電管、希ガス放電管、蛍光灯の放出スペクトルの波長を測定する。

- 1) Hg 放電管を光源起動装置で点灯し、コリメータのスリットを通して光を分光器に入れる。分光器をのぞき、黄色の線に焦点を合わせて 2 本の線スペクトルに分離して見えるようにする。
- 2) Hg、Na、Cd を観察する。テキスト P.110 表 7.1 を参照して分光器の目盛対波長の校正曲線を作成する。
- 3) ネオントランスを用いて H₂ 放電管を点灯して可視領域の Balmer 系列線を観察し、校正曲線から波長を求める。
- 4) 希ガスのうちどれかひとつを選んで観察し、線スペクトルのうち特に強度の強い線数本の波長を測定する。
- 5) 蛍光灯の観察を行い、輝線スペクトルについて波長を求めて元素を同定する。

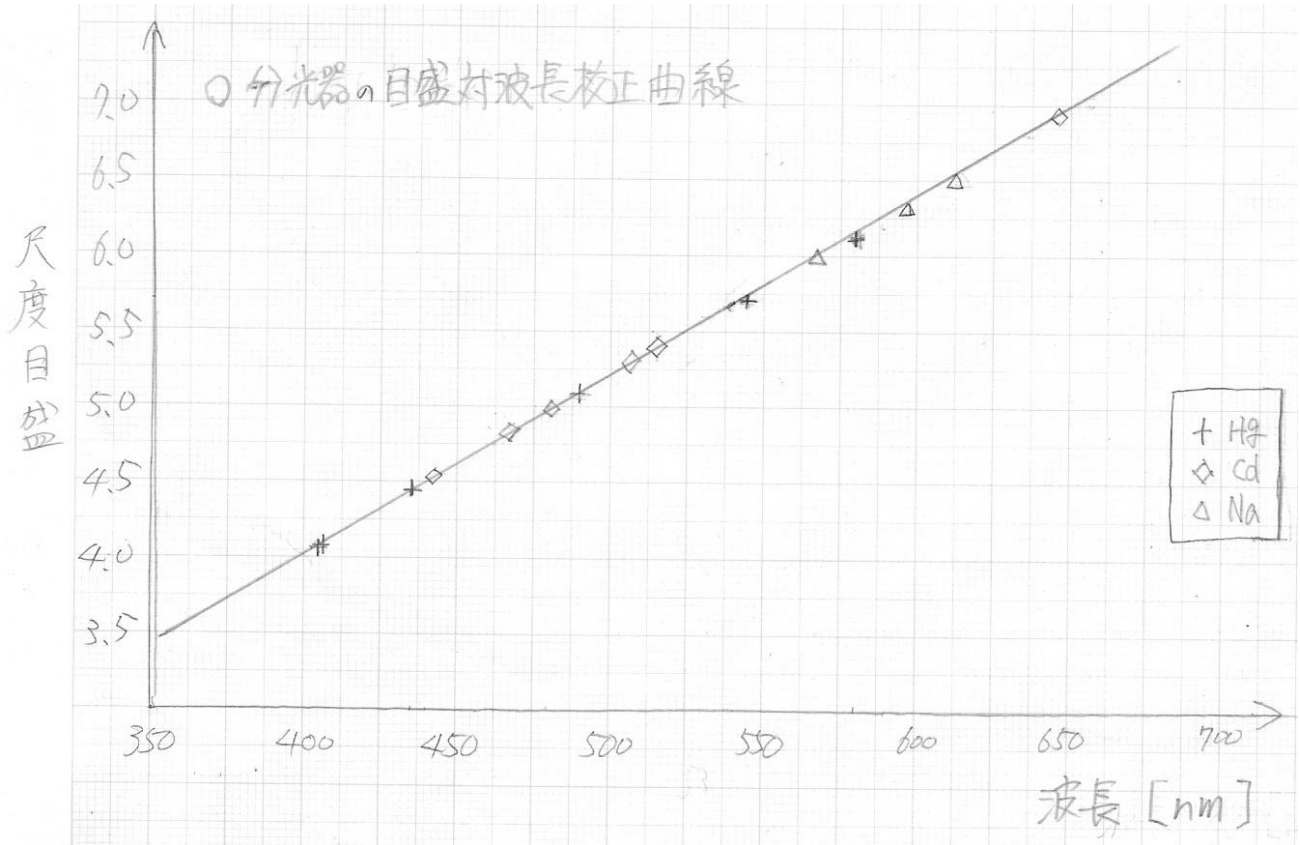
<実験 2：白色光の分光とフォトダイオードの光起電力>

ハロゲンランプを三角プリズムで分光し、Si 及び GaP でできたフォトダイオードに光を当て光起電力を測定する。

- 1) ハロゲンランプの入力電圧を 100V にしてスイッチを入れる。
- 2) 分光した光が観察しやすいようにプリズムの位置と角度を調節する。
- 3) 赤外領域から紫外領域まで 10mm 刻みでフォトダイオードの光起電力を測定する。

〔実験結果〕

<実験 1 >



〇プリズム分光器から読み取った目盛の値とそれに対応する波長は右表の通り。

〇H₂ 放電管について読み取れた目盛と校正曲線から求めた波長は下表の通り。

| 目盛 | 波長 (nm) | 色 |
|------|---------|---|
| 7.00 | 650 | 赤 |
| 5.00 | 480 | 緑 |
| 4.42 | 430 | 紫 |

〇希ガス(Ne)放電管について読み取れた目盛と校正曲線から求めた波長は下表の通り。

| 目盛 | 波長 (nm) | 色 |
|------|---------|---|
| 6.80 | 635 | 赤 |
| 6.50 | 610 | 橙 |
| 6.18 | 580 | 黄 |
| 5.60 | 535 | 緑 |

| 元素 | 目盛 | 波長 (nm) | 色 | 強度 |
|----|------|---------|----|----|
| Hg | 6.11 | 579.1 | 黄 | 中 |
| | 6.10 | 577.0 | 黄 | 中 |
| | 5.70 | 546.1 | 緑 | 大 |
| | 5.10 | 491.6 | 青 | 小 |
| | 4.45 | 435.8 | 青紫 | 大 |
| | 4.16 | 407.8 | 紫 | 中 |
| | 4.14 | 404.7 | 紫 | 大 |
| Cd | 6.90 | 643.8 | 赤 | 大 |
| | 5.40 | 515.5 | 赤 | 小 |
| | 5.31 | 508.6 | 青緑 | 中 |
| | 4.99 | 480.0 | 青 | 大 |
| | 4.85 | 467.8 | 青 | 大 |
| | 4.56 | 441.5 | 紫 | 中 |
| Na | 6.60 | 616.1 | 赤 | 小 |
| | 6.30 | 589.3 | 黄 | 大 |
| | 6.02 | 568.8 | 黄緑 | 小 |

○蛍光灯について読み取れた目盛と校正曲線から求めた波長は右表の通り。

| 目盛 | 波長 (nm) | 色 |
|------|---------|----|
| 6.11 | 580 | 黄 |
| 6.10 | 575 | 黄 |
| 5.71 | 545 | 緑 |
| 4.46 | 435 | 青紫 |
| 4.14 | 405 | 紫 |

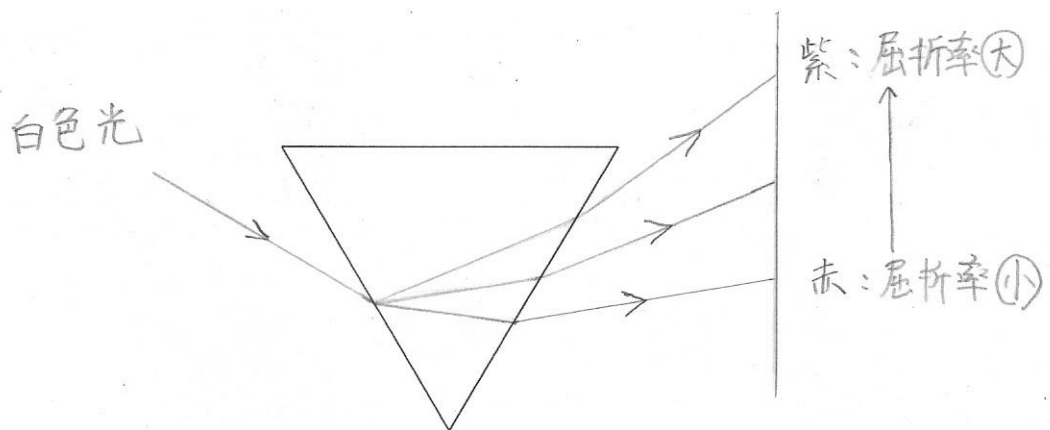
<実験 2 >

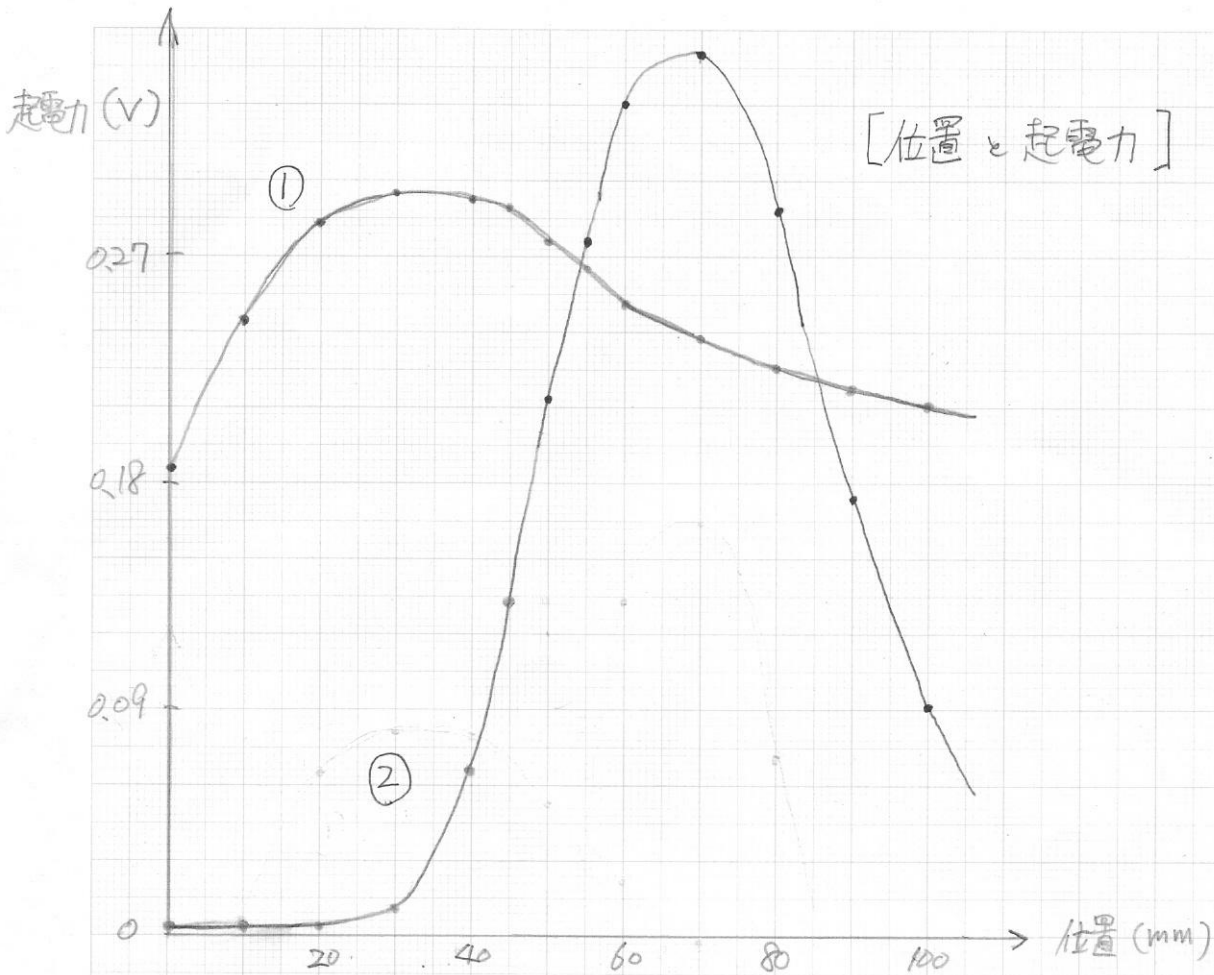
○装置の位置、フォトダイオードに当たる光の波長、起電力の関係は右表の通りである（ただし波長については測定値ではなく予想）。

| 位置 (mm) | 波長 (nm) | 起電力 1 (V) | 起電力 2 (V) |
|---------|---------|-----------|-----------|
| 0 | 800 | 0.186 | 0.003 |
| 10 | 750 | 0.245 | 0.004 |
| 20 | 700 | 0.283 | 0.005 |
| 30 | 640 | 0.294 | 0.011 |
| 40 | 580 | 0.293 | 0.069 |
| 45 | 555 | 0.289 | 0.134 |
| 50 | 530 | 0.276 | 0.214 |
| 55 | 510 | 0.266 | 0.278 |
| 60 | 490 | 0.253 | 0.329 |
| 70 | 460 | 0.238 | 0.349 |
| 80 | 430 | 0.226 | 0.287 |
| 90 | 410 | 0.218 | 0.173 |
| 100 | 400 | 0.211 | 0.091 |

○グラフは次ページにまとめてある。

○プリズムによる分光の様子





〔問題の解答と考察〕

◇H₂放電管について、Balmer 系列は n=2 に遷移するとき放出される波長だから本実験から求められる Rydberg 定数は

$$1/(650 \times 10^{-9}) = R_{\infty}(1/2^2 - 1/3^2) \quad \therefore R_{\infty} = 1.11 \times 10^7$$

(※定数表の正確な値は 1.09737×10^7)

◇蛍光灯について、輝線スペクトルの現れ方が上記の Hg に似ているのでこれは水銀灯であると考えられる。

◇フォトダイオードの同定について、

①フォトダイオード1は赤外領域から電圧を生じており、フォトダイオード2は 600nm 前後から光電効果が起き始めていることが実験結果から読み取れる。

②テキスト p112 よりバンドギャップの値は Si : 1.12eV、GaP : 2.25eV であるから、それぞれ電圧を生じる最も長い波長は

$$\text{Si} : 1.12(\text{eV}) = 1.12 \times 1.6 \times 10^{-19}(\text{J}) = 1.8 \times 10^{-19}(\text{J}) = h\nu = hc/\lambda \quad \therefore \lambda \doteq 1100(\text{nm})$$

$$\text{GaP} : 2.25(\text{eV}) = 2.25 \times 1.6 \times 10^{-19}(\text{J}) = 3.4 \times 10^{-19}(\text{J}) = h\nu = hc/\lambda \quad \therefore \lambda \doteq 550(\text{nm})$$

以上2点より、フォトダイオード1が Si、フォトダイオード2が GaP であると考えられる。