



プランク定数実験器 HA-6

このたびは『プランク定数実験器 HA-6』をお買い上げいただきまことにありがとうございます。

ご利用の際に、この取扱説明書をよくお読みいただき、本器の機能を十分に生かして安全に正しくご使用ください。

ご使用に際しての安全上の注意事項

- この取扱説明書をよく読んで正しくご使用ください。
- いつでも取扱説明書が使用できるように大切に保管してください。
- 当社で規定している注意と注記の意味は次の通りです。

 注意	取扱を誤った場合、軽傷や中程度のけがを負う可能性がある場合、および物的損害の可能性のある場合。
注記	装置を正しく使用していただくためのヒント的情報を記載する場合。
 注意	本器を分解・改造しないでください。
注記	関連機器にマイクロアンペア計を使いますが、回路特性上デジタルマルチメータは不適當です。必ず内部抵抗1kΩの指針形メータをお使いください。 推奨機器 Cat.No107-140 マイクロアンペア計 HQ-100 形

1. 概 要

光は、干渉や回折などの波動特有の性質を示します。一方、光が粒子性を示す現象もあり、光電効果もそのひとつです。金属の表面に光を当てると電子が飛び出す現象が光電効果で、飛び出した電子を光電子といいます。本器は、光電効果を観測し、光電効果の振動数依存性からプランクの定数を求める実験器です。

本器の光源にはLEDを使用しており、スイッチの切換えによって、光の色（赤、橙、緑、青）を変化させることができます。また赤色のLEDの点灯数を変化させることで光量を変化させることもできます。

2. 構 成

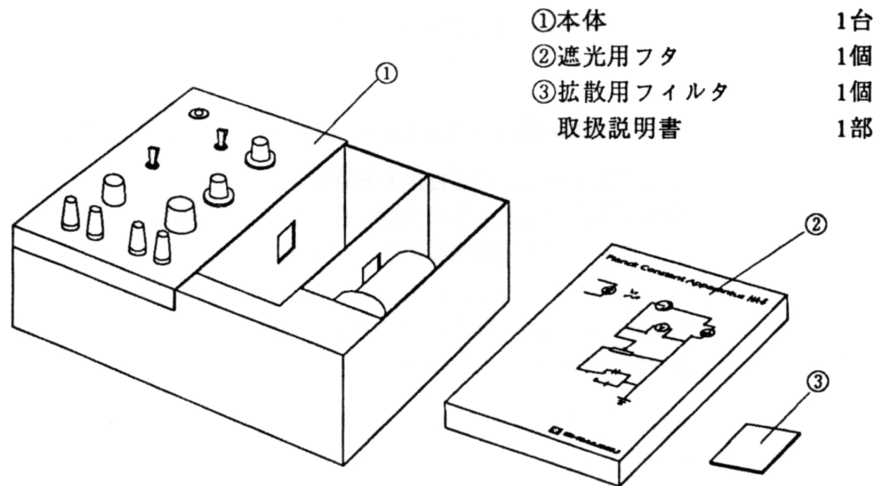


図1. 外 観 図

3. 関連機器

直流電圧計

マイクロアンペア計

注 記

マイクロアンペア計は、内部抵抗 $1k\Omega$ のものをご使用ください。

4. 動作原理

金属の表面に光を当てると電子が飛び出す現象が光電効果で、飛び出した電子を光電子といいます。また、光電子により発生する電流を光電流といいます。

本器では、光電効果の現象をとらえるために光電管を使用しています。

光電管は光電効果を利用した光の検出器であり、図5に示すように、半円筒状の金属板の光電面（陰極）とその円筒の中心にある細長いコレクタから成り立っています。光電管を使用するときは図2のようにコレクタに光電面に対して負の電圧 $-V$ をかけ、そのときに流れる微量な光電流を増幅器を介してメータで測定します。

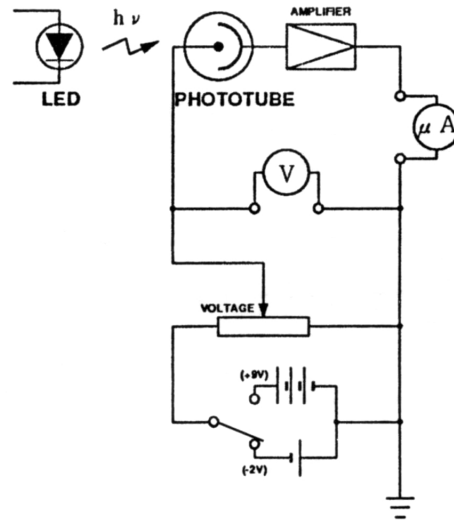


図2. 動作原理

5. 各部の名称と機能

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| ① POWERスイッチ | 電源のON/OFFを行います。 |
| ② ACコード | AC100Vのコンセントに差込み本体に電気を供給します。 |
| ③ FUSEホルダ | 本体回路保護のためのヒューズです。容量1A |
| ④ POWERモニターLED | 電源のON/OFF状態を表示します。 |
| ⑤ GAINスイッチ | 光電流増幅部のHIGH/LOW切替を行います。 |
| ⑥ ZERO ADJツマミ | 光電流増幅部のゼロ調整を行います。 |
| ⑦ A METER端子 | マイクロアンペア計を接続し、光電流を測定します。 |
| ⑧ LED SELECTスイッチ
(INTENSITY/COLOR) | 光源用LEDの点灯をコントロールします。 |
| ⑨ +/-スイッチ | 電圧の極性を切替えます。 |
| ⑩ VOLTAGEツマミ | 光電管にかける電圧を調整します。 |
| ⑪ V METER端子 | 直流電圧計を接続し、光電管にかかる電圧を測定します。 |
| ⑫ 光源用LED | LED SELECTスイッチの設定により点灯します。 |
| ⑬ フィルタホルダ | 拡散用フィルタを差し込みます。 |
| ⑭ 光電管 | 光を電流に変換する真空管です。 |

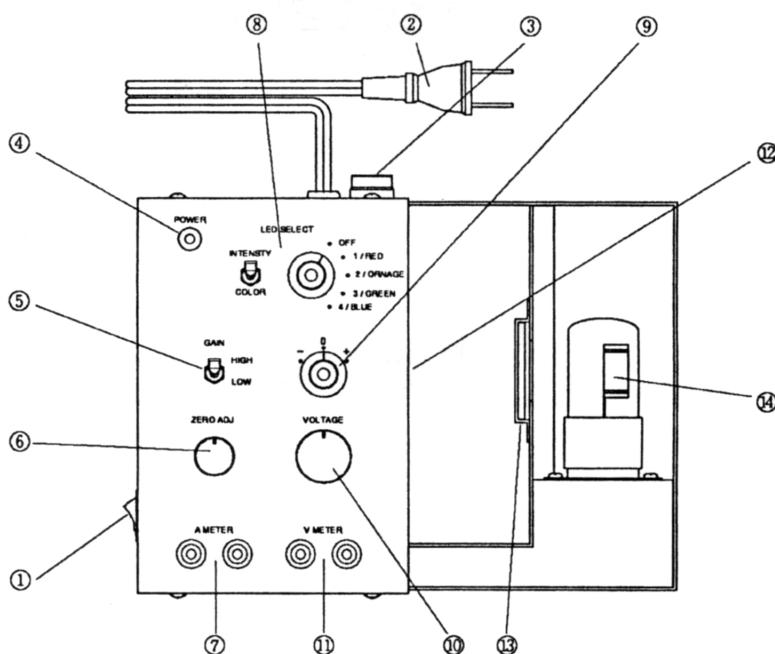


図3. パネル図

6. 使用方法

- (1) POWERスイッチがOFFになっていることを確認して、ACコードをAC100Vに接続します。
- (2) A METER端子には、マイクロアンペア計を接続します。
- (3) V METER端子には、直流電圧計を接続します。



注意

十/一スイッチの極性により、接続する端子が逆になるので注意してください。

- (4) GAINスイッチをHIGHまたは、LOWを選択します。
- (5) LED SELECTスイッチをOFFにします。
- (6) 光電管にフタをして遮光します。
- (7) POWERスイッチをONにし、POWERモニタLEDの点灯を確認します。
- (8) VOLTAGEツマミと十/一スイッチで、直流電圧計がマイナス側にいっぱい（約-2V）にします。
- (9) ZERO ADJ.ツマミでマイクロアンペア計のゼロ点調整を行います。電気回路が安定するまでには、数分かかります。
- (10) LED SELECTスイッチにより任意のLEDの点灯数・点灯色を選択します。
- (11) VOLTAGEツマミを直流電圧計の値を読みながら調整し、そのときの、マイクロアンペア計の値を読み、各々を記録し電圧-電流特性を調べます。

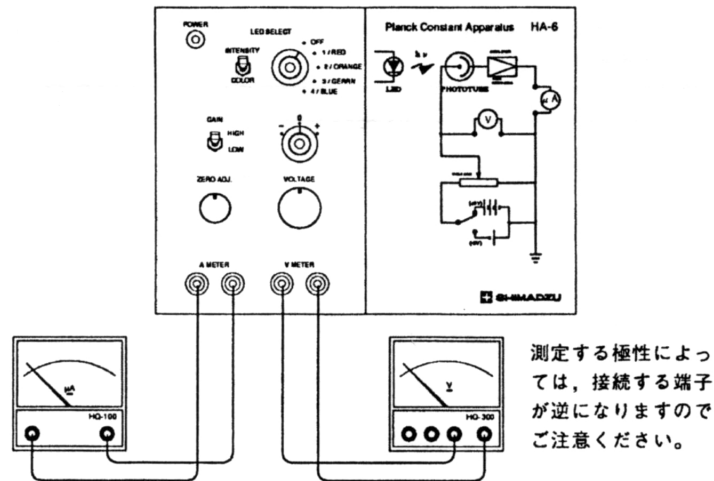


図4. 配線図

7. 実 験

7.1 光量による光電管の陽極電圧 — 光電流特性の測定

- (1) POWERスイッチがOFFになっていることを確認します。
- (2) 遮光用フタを開け、光電管の前にあるフィルタフォルダに付属の拡散フィルタを取り付けます。
- (3) 直流電圧計とマイクロアンペア計を各端子に接続します。
- (4) GAINスイッチをLOWにします。
- (5) 遮光用フタを閉めます。
- (6) LED SELECTスイッチをINTENSITYにし、LEDはOFFにします。
- (7) POWERスイッチを入れます。
- (8) LEDを希望の点灯数にし、陽極電圧をマイナス側にいっぱい（約-2V）までかけた状態で、マイクロアンペア計のゼロ調整を行います。
- (9) VOLTAGEツマミを調整し、徐々に陽極電圧を上げていき、そのときの光電流を読みとります。
- (10) 電圧が0Vに達したら、+/-スイッチにより極性を換え、さらに電圧を上昇させます。

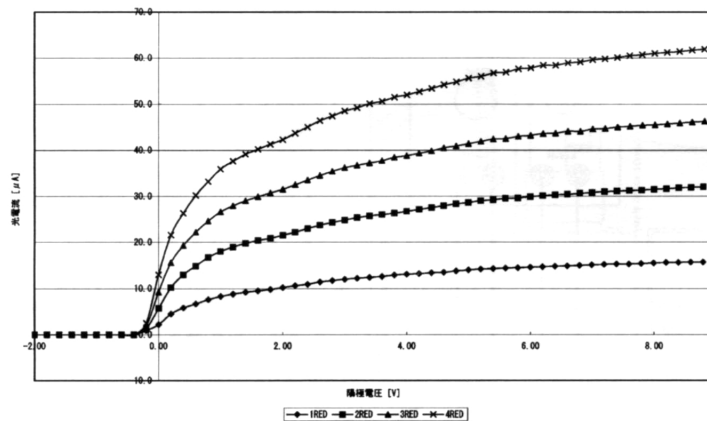
注 記

+/-スイッチで極性を変化させると、光電流値にずれが生じることがあります。ZERO ADJ.ツマミでずれを補正してください。

- (11) LEDの点灯数を1～4個と変化した状態で、それぞれの陽極電圧 — 光電流特性を記録します。
- (12) 測定されたデータを、X軸に陽極電圧、Y軸に光電流を取りグラフにプロットします。

注 記

光電管の感度にはばらつきがあるため、実験の結果が下図と異なることもあります。



グラフ1. 光量の違いによる陽極電圧 — 光電流特性

7.2 光の波長の違いによる陽極電圧 — 光電流特性の測定

- (1) POWERスイッチがOFFになっていることを確認します。
- (2) 遮光用フタを開け、拡散フィルタを取り外します。
- (3) 直流電圧計とマイクロアンペア計を各端子に接続します。
- (4) GAINスイッチをLOWにします。

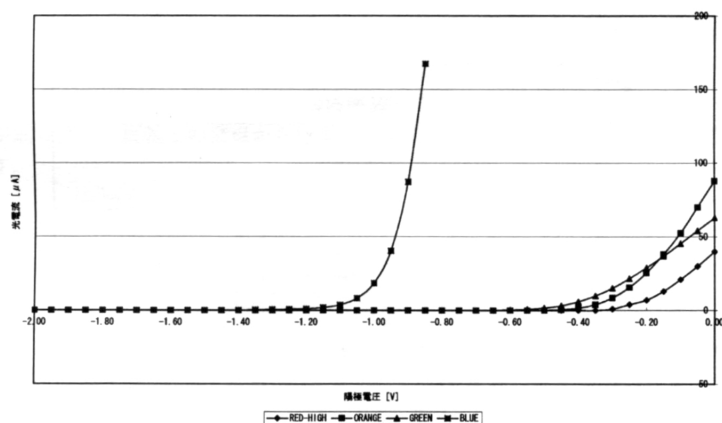
注記

赤色LEDのみHIGHを使用します。

- (5) 遮光用フタを閉めます。
- (6) LED SELECTスイッチをCOLORにし、LEDはOFFにします。
- (7) POWERスイッチを入れます。
- (8) LEDを希望の点灯色にし、陽極電圧をマイナス側にいっぱい（約-2V）までかけた状態で、マイクロアンペア計のゼロ調整を行います。
- (9) VOLTAGEツマミで陽極電圧を徐々に上げていき、そのときの光電流を読みとります。
- (10) LEDの点灯色を変化させた状態で、それぞれの陽極電圧 — 光電流特性を記録します。
- (11) 測定されたデータを、X軸に陽極電圧、Y軸に光電流を取りグラフにプロットします。

注記

光電管の感度特性により、実験の結果が下図と異なることもあります。



グラフ2. 光の波長の違いによる陽極電圧 — 光電流特性

7.3 阻止電圧の決定

- (1) 実験7.2で得られたグラフから、光電流が急激に増加する（立ち上がる）ときの陽極電圧を阻止電圧とし、決定します。
- (2) 各色ごとの阻止電圧を決定します。

LED	赤色	橙色	緑色	青色
阻止電圧	0.30V	0.40V	0.60V	1.25V

7.4 プランク定数の決定

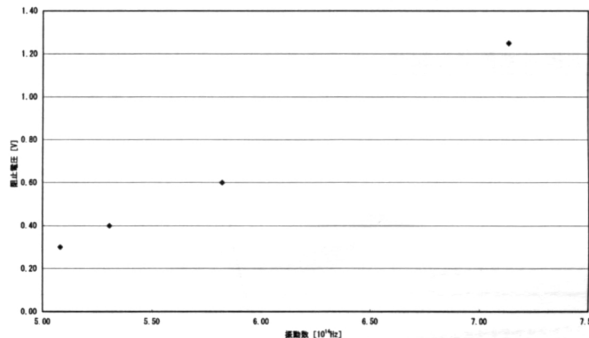
- (1) 各色のLEDの波長から振動数を求めます。

$$\text{振動数 } \nu = \frac{\text{光速 } c}{\text{光の波長 } \lambda} \dots\dots\dots (a)$$

LED	赤色	橙色	緑色	青色
波長 [nm]	590	565	515	420
振動数 [Hz]	5.08×10^{14}	5.31×10^{14}	5.82×10^{14}	7.14×10^{14}

波長については、図9を参照ください。

- (2) 求められた振動数と、実験7.3で決定した阻止電圧の絶対値を、それぞれX軸、Y軸に取りグラフにプロットします。



グラフ3. プランク定数の決定

- (3) グラフ3は、(b) 式で表すことができます。

$$V_0 = \frac{h}{e} \nu - \frac{W}{e} \dots\dots\dots (b)$$

そこで、グラフの傾きから、プランク定数を求めることができます。

$$h = \frac{\Delta V}{\Delta \nu} e = 4.42 \times 10^{-15} \cdot 1.602 \times 10^{-19} = 7.08 \times 10^{-34} [\text{J} \cdot \text{s}]$$

9. 装置の構造

9.1 光電管

光電効果をとらえるために、光電管を使用しています。その構造を図5に示します。光電管は光電効果を利用した光の検出器であり、図5に示すように、半円筒状の金属板の光電面（陰極）とその円筒の中心にある細長いコレクタから成り立っています。この光電管は真空型S4特性（光電管の活性物質がSb-Cs）のものでその仕事関数は2eV以下で波長が最大650nm程度まで光電効果を起こすことができます。図6にその波長特性を示します。

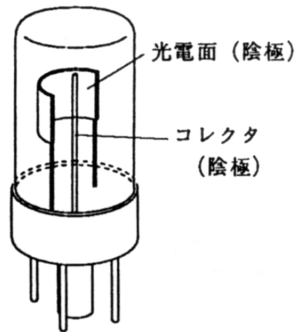


図5. 光電管

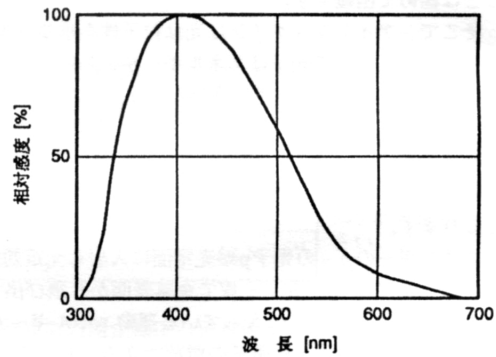


図6. 光電管の感度特性

図7はこの光電管の原理図です。図の示すとおり光が光電面に当たると光電面からは光電子が飛び出し、コレクタにあたると電流が流れるようになります。

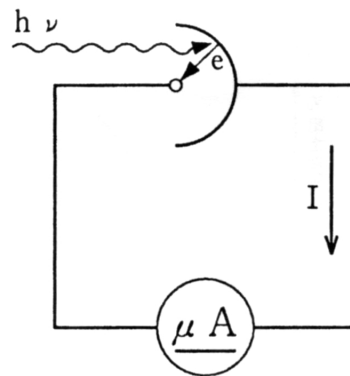


図7. 原理図

9. 装置の構造

9.1 光電管

光電効果をとらえるために、光電管を使用しています。その構造を図5に示します。光電管は光電効果を利用した光の検出器であり、図5に示すように、半円筒状の金属板の光電面（陰極）とその円筒の中心にある細長いコレクタから成り立っています。この光電管は真空型S-4特性（光電管の活性物質がSb-Cs）のものでその仕事関数は2eV以下で波長が最大650nm程度まで光電効果を起こすことができます。図6にその波長特性を示します。

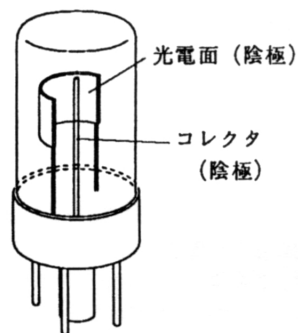


図5. 光電管

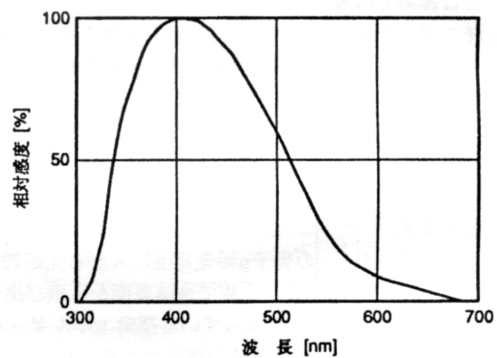


図6. 光電管の感度特性

図7はこの光電管の原理図です。図の示すとおり光が光電面に当たると光電面からは光電子が飛び出し、コレクタにあたると電流が流れるようになります。

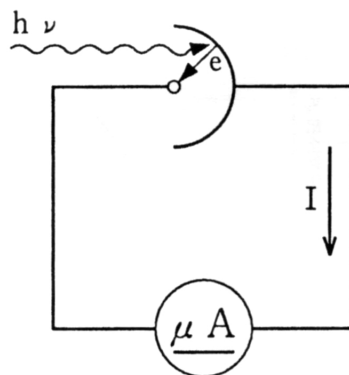


図7. 原理図

9.2 LED 光源

本器では光源として単色のLED使用しています。図8にLEDのスペクトルを示します。

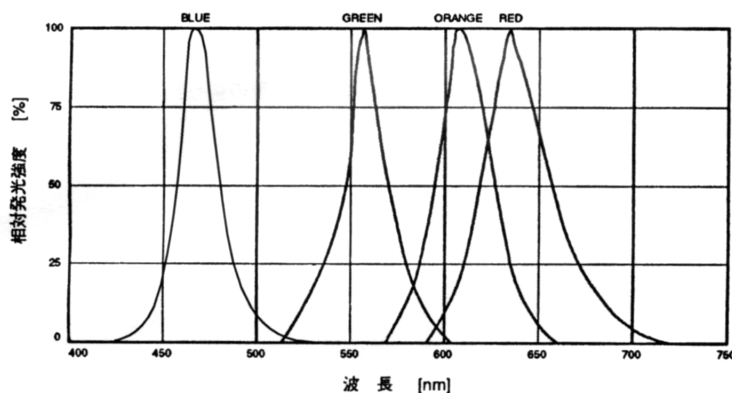


図8. LEDのスペクトル分布

nm	発光波長	最短波長
赤色	635	590
橙色	610	565
緑色	555	515
青色	470	420

図9. LED 波長

光電効果では、より短波長の光が実験に影響するため、解析ではLEDのスペクトルの最短波長を利用しています。

9.3 実験装置

光電管には、陽極と陰極の間に約 $-2V \sim +9V$ の電圧がかけられるようになっており、直流電圧計で極管の電圧を測定することができます。また、光電流については、増幅器によって増幅され、マイクロアンペア計にて測定することができます。

光源となるLEDは、LED SELECTスイッチにより点灯数の切り換え、および、点灯色の切り替えが可能になっています。

10. 仕様

受光器 真空管型光電管 1P39 浜松フォトニクス社製

光源 LED 赤色4個

 橙色1個

 緑色1個

 青色1個

色の切り換え, または, 赤色による点灯数の切り換え

陽極印加電圧 $-2 \sim 0V$, $0V$, $0 \sim 9V$

スイッチ, ボリュームにより調整可能

実験精度 10^{-34} [J.s] のオーダー

電源 AC100V 50/60Hz

株式会社 **島津理化**

〒136-0071 東京都江東区亀戸6丁目1番8号

TEL. (03) 5626-6600 URL: <http://www.shimadzu-rika.co.jp>

本製品の技術のお問合せは, コールセンターまで

フリーダイヤル **0120-376-673** (携帯電話, PHSではご利用になれません)

受付時間 平日9:00~12:00, 13:00~17:00

e-mail: soudan@shimadzu-rika.co.jp FAX: (075) 823-2804

M137405D0803TY010-B

2008.03.10TD (D-4549)
