1. 実験目的

・回折格子により、光源からの光が異なる波長成分に分けられることを確認する。

・光電管を利用してプランク定数と仕事関数を求め、光電効果を理解する。

1. 実験原理

固体が光を吸収して電子を放出する現象を光電効果という。観測により以下のことが分かった。

・νがν0より小さいとき ⇒ 光を強くしても光電子は発生しない。

・νがν0より大きいとき ⇒ 各光電子の持つエネルギーはνに比例。

光量子仮説によると、振動数νの光はエネルギーhνを持つ粒子からなり、hはプランク定数である。また、固体が吸収した光子のエネルギーhνは１個の電子に与えられるが､電子が固体表面から外に出るためにはある大きさWのエネルギーを消費する。Wは物質固有の値で仕事関数と呼ばれる。したがって、

hν<Wならば 光電子は発生しない

hν≧Wなら、 発生した光電子の運動エネルギーEは、

E=hν-W （１）

となる。もし、２つ以上のνの値に対してそれぞれEが測定できれば、(1)式からhとWを決めることができる。

1. 実験方法

この実験に用いる回路は図1の通りである。光電子を減速する向きの電圧V(逆電圧)を徐々に大きくし、光電流がほぼ０になる電圧V０を知ることによってE=eV０からEが測定できる。－V０を阻止電圧という。



図 1：この実験で用いる回路(概念図)

３．２測定

1. 電圧計（３Vレンジ）と電流計(100μA)を本体操作パネルに接続する。
2. 各スイッチとつまみを次の位置にする。

「LAMP」OFF、「COLLECTOR VOLTAGE」最小、｢ZERO ADJ.｣中央、「GAIN」×1

1. 「POWER」をONにする。
2. 「COLLECTOR VOLTAGE」を時計方向に回し、電圧を３Vとする。
3. 目盛板を０度とする。
4. 「LAMP」をONにする。
5. 入射スリットを閉じる。
6. 「ZERO ADJ.」によりゼロに調節する。
7. 「GAIN」を×１にして、同様にZERO調節する。
8. 「GAIN」を×１に戻す。
9. 「COLLECTOR VOLTAGE」を半時計方向にいっぱい回して逆電圧を０にする。
10. 入射スリットをゆっくり開き、光電流を１００μAにする。
11. 逆電圧を３Vにする。
12. 「GAIN」の×１と×１００の順で再び電流計のゼロ調節をする。

逆電圧を徐々に下げ、光電流が０．０１μA、０．０２μA、０．１μA、０．２μA、

０．４μA、1μA、２μA、４μA、１０μA、２０μA、４０μＡとなる逆電圧を読む。



図２：分光器の構成

1. 逆電圧を徐々に下げ、光電流が０．０１μA、０．０２μA、０．１μA、０．２μA、０．４μA、1μA、２μA、４μA、１０μA、２０μA、４０μAとなる逆電圧を読む。
2. 「COLLECTOR VOLTAGE」を３Vに戻す。
3. 以上の測定結果を、逆電圧を直線スケール、光電流を対数スケールでグラフ上にプロットする。
4. 目盛板を－2°、－6°、－8°にし、それぞれに対し、（７）から（１７）までの操作を繰り返す

３．２ hとWの算出

（１）光の周波数νと阻止電圧V0 の関係を、直線スケールのグラフ上にプロットする。

ただし、νの目盛はゼロから始まるようにする。

（２）グラフ上にあるすべての測定点のなるべく近くを通る直線を引く。

（３）この直線の勾配からhの値を求める。

（４）仕事関数Wの値を求める。

４．実験結果

Ⅰ．角度とスペクトル

表1：角度とスペクトル

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 目盛（度） | -84 ~ -75 | -74 ~ -72 | -71 ~ -70 | -69 ~ -63 | -62 ~ -59 | -58 ~ -55 | -54 ~ -51 |
| ｽﾍﾟｸﾄﾙ色 | 赤 | 橙 | 黄 | 緑 | 青 | 紫 | － |
|  | | | | | | | |
| 目盛（度） | -50 ~ -47 | -46 ~ -45 | -44 | -43 ~ -42 | -41 ~ -39 | -38 ~ -37 | -36 ~ -9 |
| ｽﾍﾟｸﾄﾙ色 | 赤 | 橙 | 黄 | 緑 | 青 | 紫 | － |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 目盛（度） | -8 ~ -7 | -6 ~ -4 | -3 ~ -2 | -1 ~ 0 | +1 ~ +2 | +3 ~ +6 | +7 ~ +8 |
| ｽﾍﾟｸﾄﾙ色 | 赤 | 橙 | 黄 | 緑 | 青 | 紫 | － |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 目盛（度） | +9 ~ +12 | +13~+18 | +19~+24 | +25~+26 | +27~+30 | +31~+40 | +40~ |
| ｽﾍﾟｸﾄﾙ色 | 赤 | 橙 | 黄 | 緑 | 青 | 紫 | － |

Ⅱ．光電流と逆電圧

表2：角度0°,-8°のときの光電流と逆電圧の関係

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 光電流(μA) | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 1 | 2 | 4 | 10 | 20 | 40 |
| 角度0°の逆電圧(V) | 0.70 | 0.63 | 0.61 | 0.55 | 0.52 | 0.49 | 0.44 | 0.43 | 0.41 | 0.33 | 0.27 | 0.18 |
| 角度-8°の逆電圧(V) | 1.88 | 1.64 | 1.56 | 1.48 | 1.41 | 1.34 | 1.25 | 1.18 | 1.14 | 0.9 | 0.71 | 0.48 |

この表を元に角度0°、‐8°の測定結果を、逆電圧を直線スケール、光電流を対数スケールでプロットし、グラフを書いた。そのグラフは別紙 図3に記した

Ⅲ．ｈとＷの算出

上で求めたグラフから阻止電圧V0を明確に決めることは難しい。よって、ここでは光電流が最小の値0.01μAとなるときの逆電圧の値をV0とみなす。V0と反射光の周波数νの値を表3に記す。この値を元に、νの目盛を0から始めるようにし、光の周波数νと阻止電圧V0の関係を両者とも直線スケールとなるようにプロットし、グラフを書き、図4とした。

表3: V0とνの値

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 角度（度） | ０ | －２ | －６ | －８ |
| 逆電圧（Ｖ） | ０．７０ | ０．８２ | １．３２ | １．８８ |
| 周波数ν  （×1014Hz） | ５．０９ | ５．５６ | ６．８６ | ７．７８ |

この時の近似曲線の式を

V0＝Ａν＋Ｂ

とおき、最小自乗法によって、プロットされたどの点からも均等に近い距離を通る最適な近似曲線の方程式を求めると、

Ａ＝0.4346×10-14

Ｂ＝－1.568

となり、直線の方程式は

V0＝0.4346ν－1.568

となる。この式の両辺にｅをかけると、

ｅV0＝0.4346ｅν－1.568ｅ

ｅV0＝Ｅであるので、（１）式 Ｅ＝ｈν－Ｗ と照らし合わる。この時、ｅ＝1.602×10-19[c]として計算すると、

ｈ＝Ａｅ＝6.962×10-34

W＝－Bｅ＝2.512×10-19

と算出できた。

５．考察

Ⅰ．角度とスペクトル

22.5°付近で色分けされなかった理由

まず、光が色分けされる理由を考える。

光の実験で行なったように、隣り合う光の光路差は、格子間隔をdとすると

d(cosα－cosβ)。この実験で入射後、反射光は常に45°をなしている。

回折格子の回転角をθとすると、

α=90°－θ、β=45°+θ

したがって光路差は

d(cos(90°－θ)-cos(45°+θ))

回折格子は

｜d(cos(90°－θ)-cos(45°+θ))｜=mλ (m＝0,1,2,・・・)

を満たすλだけが強め合う。すなわち、あるθに対し、あるλが一つ定まる。

したがって色分けされて見えるのである。

次にθ=22.5°の時を考える。

θ=22.5°を代入すると、

d(cos67.5°-cos67.5°)=0となり、光路差はなくなる。したがって光が強め合い、また、弱め合うことが無い。すなわち色分けされないので、白色光が観察される。

Ⅱ．光電流と逆電圧

この実験に関するグラフは図3のように書けた。このグラフから角度が小さいほど、V0の値が大きくなるという事が読み取れる。その理由としては次のようである。

角度が０°のときより、角度が－８°の時の方が反射光の波長が長いため、光エネルギーも高い。よって、光電効果により飛び出した電子の運動エネルギーも高くなる。だから、それを妨げるための電圧も高くなるという事である。

Ⅲ．ｈとＷの算出

今回の実験では、

ｈ＝6.962×10-34

Ｗ＝2.512×10-19

という値が得られた。この値について吟味してみる。

ｈの値を吟味してみる。

ｈ：プランク定数の真値は、ｈ＝6.626×10-34であるので、これを元に精度を計算すると、

4.82％の精度となった。したがって、実験値は比較的正確な値であるといえる。

また、このような誤差が生じてしまった原因としては、次のようなことが挙げられる。

* 電圧計、電流計の値を目測したため
* 0.01μＡの値を阻止電圧としたこと
* 外部からの光に対しても光電効果が起こり、電流を生じてしまった

値の読み取りの誤差について述べる。電圧計の最小目盛は0.02(V)であったので、誤差は大まかに±0.002(V)となる。電流計では最小目盛は1μA、GAINが×100であるので、実際には最小目盛は0.01μAである。誤差は±0.001μAで、最も悪い精度の時には10%の誤差が出てしまう。また、回折格子の目盛は最小単位が1°である。誤差は±0.1°であり、最も悪い精度の時でも0.5～0.7％である。

したがって測定器から値を読み取る際の誤差は電流計がもっとも大きいと考えられる。

また、この実験では0.01μＡの時のＶをＶ０として扱っているので、結局、真値は、今回の実験で求まらない。正確に0ＡとなったときのＶ０を用いなければ真の値に近づくだけである。また、最小自乗誤差の計算によっても、ある程度は誤差が生じるはずである。

Ｗについて述べると、ｈの値は真の値よりも大きかったので、図6における直線の傾きは、理論値に比べて少し急になっている。そうなると切片の絶対値は大きくなっているはずである。したがって、結果から算出したＷの値は、Ｗの真の値よりも多少大きいのではないかと予測される。

６．感想

今回の実験で光電面に用いたＳｂ－Ｃｓの仕事関数の真値が見つからず、実験値との比較が出来なかったのが残念でした。