

研究題目
(高校物理)

光電効果の限界波長について

研究者
協同研究者

千葉県立千葉高等学校
千葉県立千葉高等学校
千葉県立千葉高等学校
千葉県立千葉高等学校
千葉県立千葉高等学校

教諭
教諭
教諭
教諭
教諭

稲 葉 正
島 田 元 信
桜 井 謙 幸
関 幸 夫
朝 生 邦 夫

目 的

極微の世界では光のエネルギーがひとかたまりの単位でやりとりされる。その「かたまり」のエネルギーの量は、その光の波長に反比例して、定まった値である。青い光では多く赤い光の場合には少ない。

光が全体として強くても、一つ一つのエネルギーのかたまりが小さければ、相手に目立った効果をおよぼすことができない。相手が電子のような極微のものであれば、一つの相手に一度に集中していくつもの「光のエネルギーのかたまり(光量子)」を与えることができないからである。

そこで、光のエネルギーで電子を動かそうとする場合に、波長の短い青い光をあてると動くが、赤い光ではどんなに強く照してもできない、つまりエネルギーの単位粒の大きさが足りない、ということがおこる。

この現象を、直接に観察させて、光の全体としての強さのほかに、光のエネルギー量の別のめやすがなければならないことに気付かせたい。こうして量子論の第一原理を自ら発見させるのがこの実験の目的である。

概 要

動けない状態にあった電子が光をうけて動きはじめ、いわゆる光電流を生ずるためには光の波長が十分に短くなければならない。その限界は光をうけて光電流をおこす物体(光電素子)の種類によって定まる。

この実験のためには、上述の限界波長が可視光

の範囲にあるような光電素子を発見できればよい。市販の光電管は可視光のすべてに感ずるように作られていて、限界は赤外部にあり、この実験には使えない。

ナトリウムを陰極とした光電管は有効であるが一般には製作されていない。

現在、光源用に市販されている緑色の発光ダイオードがこの実験の目的にかなうものであることを発見した。(写真1. 中央および右の2個)

〔注〕写真1～4は82頁に掲載

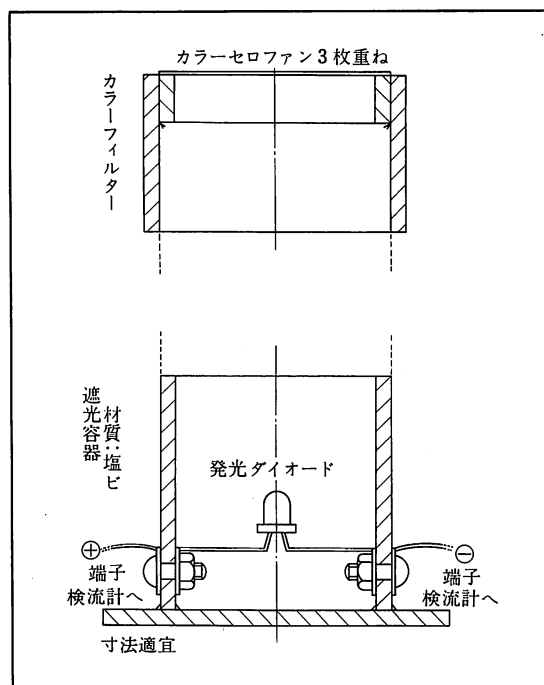


図1

この緑色発光ダイオードを、適宜の遮光容器の中に固定して端子を外へ出して置く。遮光容器の開口に色フィルターをかぶせ、これを通して光を照射する。(図1、写真2)

光源はどんな電灯でもよい。色フィルターは市販の色付きセロファン、同色のものを三枚重ねにして用いる。青・緑・赤の3種類ほど用意する。(図1、写真3)

光によって生ずる光起電力を検流計で測定する。検流計はマイクロボルト程度の感度のものを用いる。横川製のエレクトロニク検流計(最小目盛10マイクロボルト)が便利である。(写真4)

緑または青のフィルターを通して光電素子(発光ダイオード)に光をあてると、光起電力を生じ、その大きさは光源までの距離に応じて変化する。他方、赤のフィルターを通して光をあてると光起電力は全く生じず、光源までの距離をかえても変化はない。

学習指導方法、教具の製作方法

負に帯電したはく検電器の金属板に紫外線をあてるとはくが閉じるが、可視光線をあてても閉じない。この観察と上述の観察とは同じ目的をもち、併置することによって経験を著しく強化することができよう。

しかし、定比例の法則から原子の存在を感じ取ることには時間がかかると同様に、これらの観察からエネルギーの原子を体得できるまでにはかな

りの思考の定着過程をたしかめなくてはならない。実験が簡単なほどに、生徒の理解は簡単には進まないことを警戒しなくてはならない。

発光ダイオードはトランジスターを扱っている所にはたいてい販売している。ダイヤカット型というのが光起電力が大きい。赤色の発光ダイオードは可視光全部に対して光起電力を生じる。

光源として使うときは3ボルトを加える。それ以上の電圧を加えると劣化する。

フィルター用の色付セロファンは、中間色のものを避け、濃い原色のものを用いる。

横川のエレクトロニク検流計は、微細な誘導起電力や電荷の測定(弾動検流計として使う)など、電磁気の基礎学習に威力を発揮するので、備えておきたい計器である。

効 果

この観察は、生徒実験として行なっても10分とはかからない。その意味するところを再度検討させて、繰返し観察させて飽きたところに、現象の意外性に気がつきはじめる。そこではじめて本当の思考がはじまる。

大多数の生徒はこの過程を経ると量子論を身近なものに感ずるようになる。

それでもなお、発光ダイオードを使った実験だから発光させたはずだ、というような混乱が一部に残ることもある。

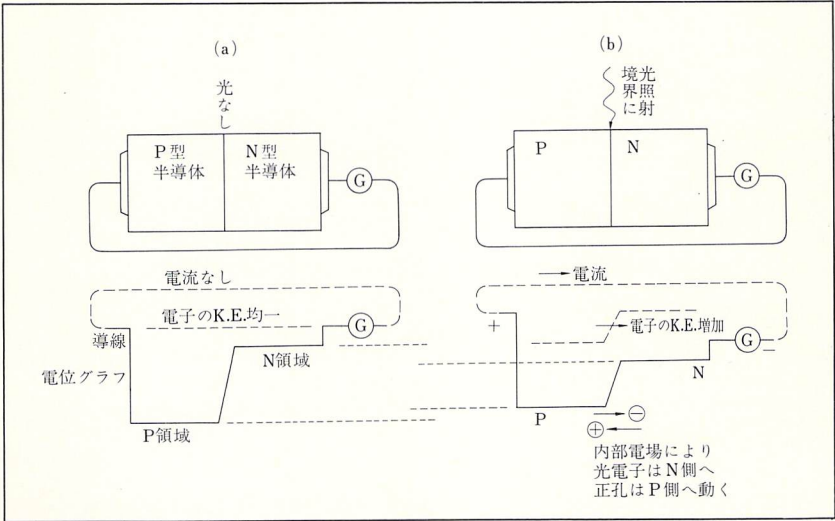


図2

その他補遺事項

1. 緑色の発光ダイオードが、緑色のプラスチックに封入されているので、それによって赤色光が吸収されて効果を生じないのではないか、という疑問が生じうる。

この疑問に対しては、赤いフィルターと緑色ダイオードを重ねてみると、緑のプラスチックの部分も赤くみえることで、赤色の通過することを示せばよい。

2. この実験で生ずる光電流は、ダイオードで一般にいわれる順方向($P \rightarrow N$)とは逆向きである。 P 型半導体と N 型半導体の接合部では、 N 型か

らは電子が P 型の側へ拡散して N 型は正電位となり、 P 型は負電位となって、境界面に電位こう配を生ずる。しかし P 型と N 型を外部回路で結んでも電流は生じない。接点の接触電位差で埋合わされるからである。

ところが PN の接合面に光が当たって電子と正孔が追加されると、これらは境界の電場に従って移動し、電子が N 型に、正孔は P 型に移動して接合部の電位差を減少させる。そのため P 、 N の外部端子に電位差が生じて外部電流を生じると考えられる。

この電位関係を図2に示す。

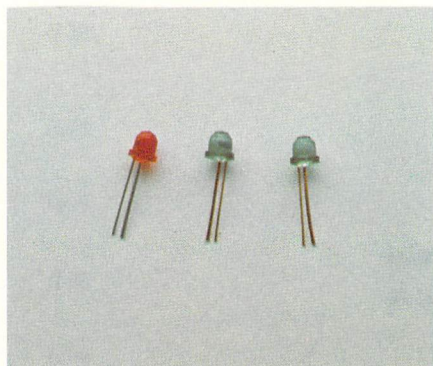


写真1. ダイアカット型発光ダイオード
これに光をあてて光起電力を調べる。
緑色のものの方が感度が高い。

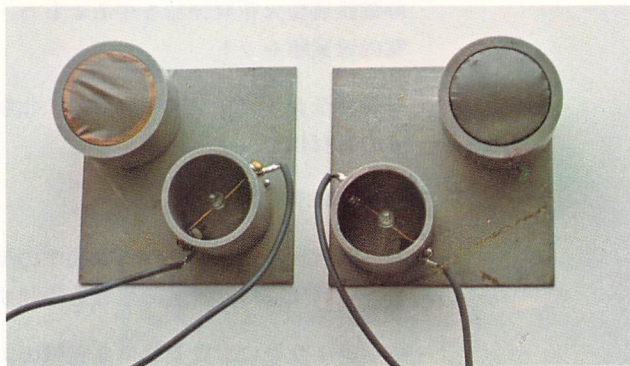


写真2. 遮光容器に封入した発光ダイオード
上方から色フィルターを通して光をあてる。

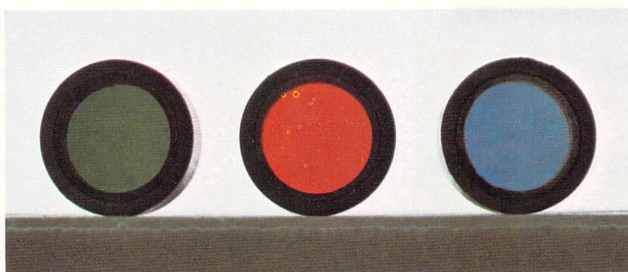


写真3. 色光フィルター
市販の原色セロファンを2～3枚重ねて
用いる。赤と他の色2種類ほどぞなえる。



写真4. 色光をあてて、増幅つき検流計で起電力
を測る。赤い光では起電力が全く生じな
い。他の色光なら光の強さに応じ起電力
を生ずる。