

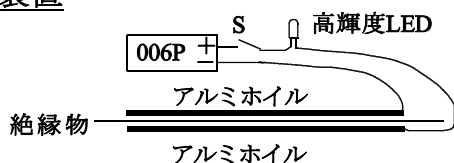
2枚のアルミ箔でコンデンサーを作成し、乾電池による充放電をLEDで検出、及び移動電子数の測定実験

岩見沢農業高校講師 高木伸雄

以下のように考え実験してみました。まだ不十分なところがあるので、忌憚のないご意見をお願いいたします。

- ・ 高等学校の授業で、コンデンサーについて簡単に生徒が実験でき、原理を理解しやすい装置を工夫する。
- ・ わずかな電子の移動をLEDを使って確認する。
- ・ 電気の現象を電子の数の概念で考えると、イメージが膨らんで理解を助ける。

実験装置



扱いやすくするためとアルミホイルが平らになるようにするために、アルミホイルをベニヤ板に両面テープで接着して実験した。アルミホイルの面積はB4程。

1. 充電時のLEDの発光

①紙の絶縁性

最初、アルミホイルの間にA3サイズの紙を入れて絶縁した。

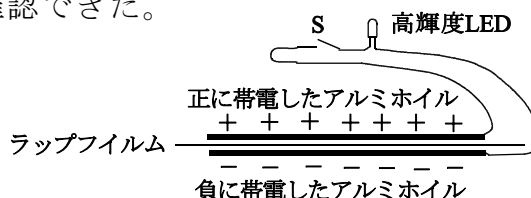
上記の回路で、スイッチを入れた瞬間に発光ダイオードがごく短時間ではあるが発光した。スイッチを切り、1秒ほどして再度スイッチを入れると弱いながらも発光した。さらに、スイッチを切り、1秒ほどして再度スイッチを入れるとまた弱いながらも発光した。コンデンサーの充電はごく短い時間で行われると思うので、電気が逃げている可能性があると考え、デジタルテスターでアルミホイル間の電気抵抗を測定すると150MΩ程あった。完全には絶縁されていないのが何度もLEDが発光する原因であると考えられる。

②ラップフィルムの絶縁性

今度は、紙の代わりに絶縁物としてラップフィルムを使った。テスターで測ると200MΩのレンジで測定できなかった（このテスターではこれ以上は測れない）。このラップを入れた状態で上記と同じ操作をすると、スイッチを入れた1回目だけ発光し、2回目以降は発光しなかった。電気の逃げはないようである。念のためにテーブルの上にもラップフィルムを敷いて、その上に装置を載せて絶縁性を高めている。

2. 放電時のLEDの発光

充電された電気を、LEDの極性に注意しながら上記の方法で帯電したアルミホイルに付けると、発光することが確認できた。



※使用した LED は

超高輝度 5 mm 白色 LED OSW54L5111P (Vf:3.3V Typ:75000mcd White 10 個入 450 円)

超高輝度 5 mm 赤色 LED OS5RPM5111A-TU (Vf:2.1V 輝度:12000mcd 10 個入 150 円)

LED の代わりに電子メロディを使ってみたが音は出なかった。

3. 交流電源に接続

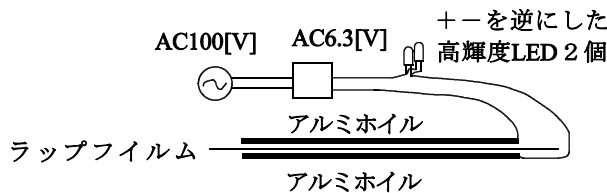
AC100[V]を AC6.3[V]に変換する変圧器を使って、交流 6.3[V]をコンデンサーに加える。このコンデンサーは無極性コンデンサーとして作用するので、予想通り以下の結果が得られた。

① LED 1 個を回路に直列に入れる。

LED は最初一瞬光るが、その後は光らない。LED は一方向にしか電気を流さないの、コンデンサーは充電されたままになっている。

② LED 2 個を極性を逆にして並列に接続し、これを回路に直列に入れる。

今度は両方向の電気が流れるので、LED は両方とも光る。



4. 移動した電子数を求める

方法 1 ; 電気容量の測定

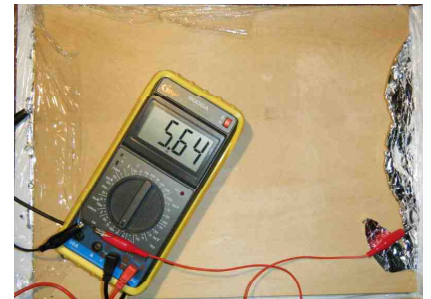
デジタルテスターでコンデンサーの容量を測定 $C \doteq 6$ [nF]

$V=9$ [V] (006P の電圧)

$$Q = CV = 6 \times 10^{-9} \times 9 \doteq 5 \times 10^{-8} \text{ [C]}$$

電気素量 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ [C] として

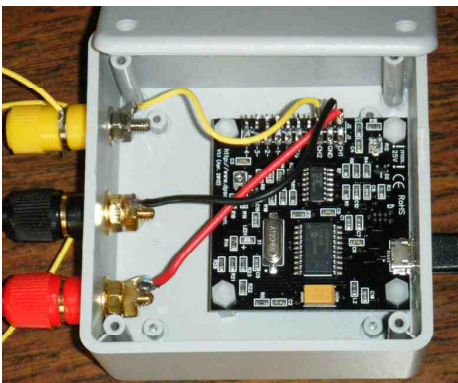
$$Q/e \doteq 3 \times 10^{11} \text{ [個]} \quad (\text{3 千億個})$$



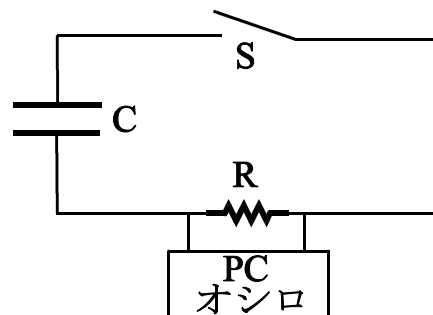
方法 2 ; USB オシロで測定

OSC001 PCB SCOPE (USB ミニオシロ / データロガー) (秋月電子通商で 2400 円)

を使って、放電時の曲線を求める。



USB オシロ基板 ケースは自作



測定回路

右図から最大電圧 $V = 6$ [V]、
放電時間 $T = 2$ [ms]として、
抵抗 $R = 100$ [k Ω]なので
最大電流 $I = V/R = 6 \times 10^{-5}$ [A]

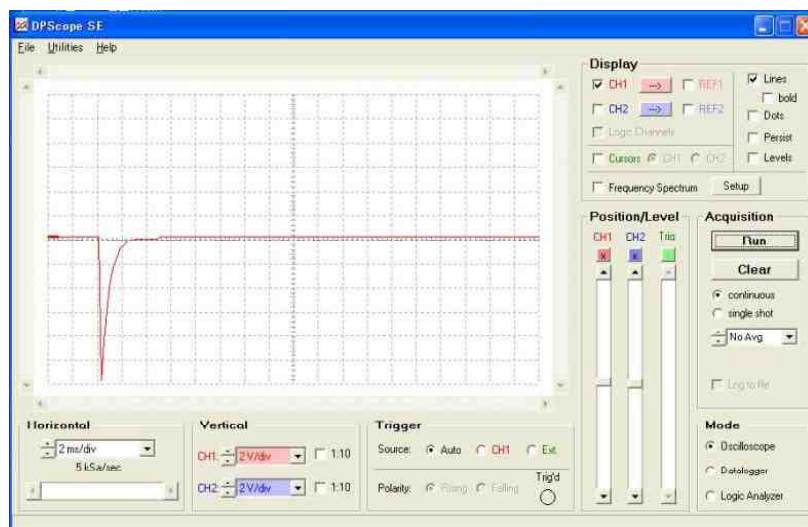
大雑把にグラフの面積を三角形に
して移動した電荷を求めると、

$$Q \doteq IT/2 \doteq 6 \times 10^{-8} \text{ [C]}$$

$$\text{これより、} Q/e \doteq 4 \times 10^{11} \text{ [個]}$$

(4 千億個)

方法 1 とほぼ同じ値になる。



USB オシロによる測定画面

電気の現象を電流や流れた時間等で考えることが多いが、移動電子数という概念は生徒にとって分かりやすいと思う。電子は目に見えないものであるので、このように個数で考えて疑似可視化することによって、電子に対するイメージを膨らますことができると思う。

5. 今後の改善点

生徒が4人のグループで実験するとき、LEDの発光現象を確認しやすいようにLEDがなるべく明るく光るようにする。

- LEDの種類を検討
- アルミホイルの面積を大きくする
- 電圧を上げる (006Pを2本にする等)

学校の理科の授業で Arduino を使うと、お金の負担も少なく簡単に様々な測定を気楽に行うことができます。私は2年ほど前に実際にどのようなことができるか検討し、いくつかの測定例をまとめて以下の URL からスケッチ (ソースコード) 等をダウンロードできるようにしました。

また、化学分野で共有結合の初歩を理解するために、原子を動かして分子を作成するソフト「BOND」を Processing で作成しました。PC内で実行ファイルを起動するだけでなく、Processing.js を使ってブラウザからも起動できるようにすることができました。このHPの一番上に「BOND」があります。興味のある方はご覧になってください。