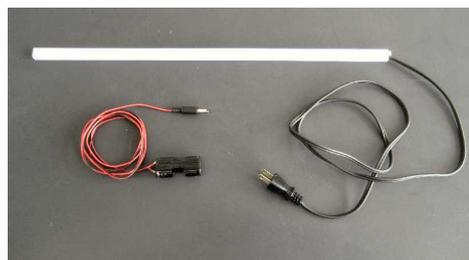


【交流・直流実験器】

直流と交流のちがいを調べる実験装置

LED を用いた交流演示装置（右図）は、各教材会社から「交流確認実験器」などの名称で発売されている。しかし、数千円から数万円と高価である。そこで、ホームセンター等で入手できる安価な材料を使い、コンセントから電源をとって LED を発光させる装置を作製する。通常 LED に加える電圧は 2V ～ 3V 程度である。既存の装置では、抵抗器で電圧を下げていることが多いが、本装置はコンデンサーの性質を用いて電圧を下げている。



交流・直流実験器



教材会社から販売されている実験器(中2理科)

1. 材料

- ・配線モール 50cm (例.オーム電機 モール1号) 130円/m程度
 - ・フィルムコンデンサー (0.47 μ F) 20円
 - ・2Pプラグ付 ACコード (1.8m) 170円
 - ・2.1mmDCジャック 30円
 - ・2.1mmDCプラグ 20円
 - ・工作用紙 (7cm \times 4cm)
 - ・電池ボックス (単3 \times 2本) 20円
 - ・電気抵抗 470k Ω 10円
 - ・電気抵抗 330 Ω 10円
 - ・LED (高輝度 ϕ 5mm) 青 (2.8-3.0V, 20mA) 1個 10円、 緑 (3.0-3.2V, 20mA) 1個 10円
 - ・平行コード 1.5m (VFF, 0.75mm) 120円/m程度
 - ・ハンダ
 - ・千枚通し
 - ・物差し
 - ・ラジオペンチ
 - ・グルーガン
- 計 550円/個程度

2. 常夜灯 (LED式ナツメ電球) の回路

常夜灯の LED 式ナツメ電球は、家電量販店の他 100円ショップ等でも購入でき、内部では 1 個の LED が点灯する仕組みになっている。回路例(参考資料)を右図に示す。

右図からは、LED 式ナツメ電球は交流とコンデンサの性質を使って点灯させていることが分かる。コンデンサに交流を接続すると、電源の電圧の変化と、コンデンサ

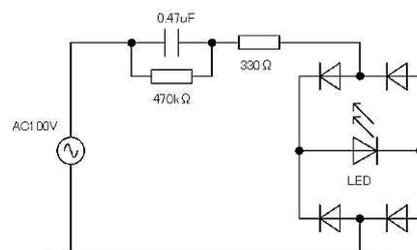
の充放電による電流の変化にずれが生じることから、これを抵抗(リアクタンス)に利用している。リアクタンス(記号 $Z[\Omega]$)は、交流周波数を $f[\text{Hz}]$ 、コンデンサの容量を $C[\text{F}]$ とすると、 $Z = 1 / (2 \pi f C)$ となり、 $f = 60 \text{ Hz}$ 、 $C = 0.47 \mu\text{F}$ を代入すると、

$$Z = 1 / (2 \pi \times 60 \times 0.47 \times 10^{-6}) = 5.6 \text{ k} \Omega$$

となる。回路図では、合成抵抗 R (リアクタンス 5.6k Ω 、470k Ω 、330 Ω) は約 5.9k Ω となる。発光時の LED の抵抗は小さく 200 Ω 程度*なので、 $V = 100\text{V}$ から電流は、

$I = V/R = 100 / (6.1 \times 1000) \approx 0.016\text{A}$ (16mA) となり、この回路には 16mA 程度の電流が流れることが分かる。なお、交流にコンデンサを直列につないだ場合、力率(電力のうち何%が有効に働いたかを示す値)が 0 であるため、ほとんど発熱することはない。

*実験より 3V の乾電池に直接、LED (緑) を接続すると 15mA の電流が流れたことより本実験で用いる LED の抵抗を $R = V/I = 3/0.015 = 200 \Omega$ とした。



LED式ナツメ電球の回路の例

3. 常夜灯 (LED式ナツメ電球) の各 부품の役割

・コンデンサー (0.47 μ F) と電気抵抗 (470k Ω) の役割

コンデンサーはメインとなるパーツである。このコンデンサーの交流抵抗 (リアクタンス) により、回路全体で LED 部へ流す電流を 16mA 程度に制限している。

抵抗はコンセントを抜いて、交流観察器を片付けるときにコンデンサーに溜まっている電荷 (電圧は 100V 程度) を放電するための抵抗である。放電するときの時間 (時定数) はコンデンサーの容量と抵抗の積で求められ、

$$0.47 \mu F \times 470 k \Omega \approx 0.5 \times 0.5 \text{ 秒} = 0.25 \text{ 秒}$$

となり、コンセントを抜いた後、約 0.25 秒でコンデンサーの電荷は放電される。0.25 秒であれば、電源 ON の時に、電源の交流 60Hz の 1 サイクル 0.017 秒よりも長い時間、コンセントにさしている間は抵抗によってすべて放電されることはない。

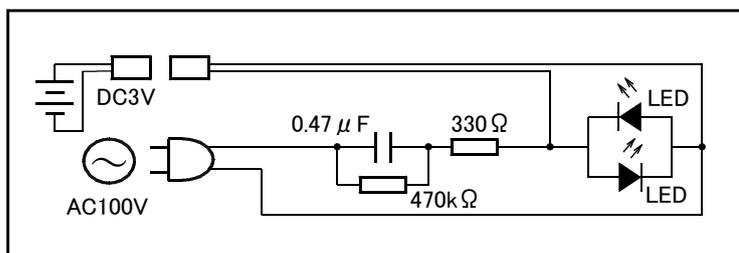
・電気抵抗 (330 Ω) の役割

この抵抗は、全体の電流制限だけでなく、コンセントをさした瞬間に流れるコンセント特有の大きな電流 (突入電流) を制限する役割がある。

参考資料 <http://www.2e.biglobe.ne.jp/shinzo/jikken/kouryukansatsu/kouryukansatsu.html>

4. 実験装置の製作

回路を右図に示す。基本的には LED ナツメ電球の回路と同じである。ただし、LED は、一方向にしか電流を流さないため、交流電流を入力した場合、LED が交互に点灯する (富山では 60Hz)。



回路図

実際に通電した状態で、装置を左右に振ってみると交互に点灯する様子がよく分かる。また、直流電流を入力した場合は、一方の LED のみが点灯する。

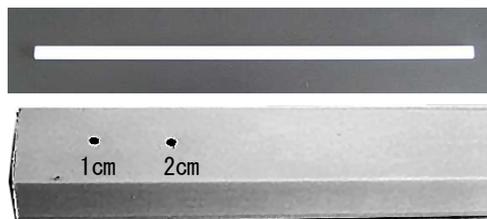
(補足)

使用する LED は、高照度で耐電圧が 3.0V 以上のものを推奨する。LED のカタログにはある程度の情報は記載されているが、見た目の輝きや色の様子は、製造メーカーによるので、どれが良いかは実際に確かめる他ない (通販で安価に購入可能、学校出入業者に依頼するとよい)。

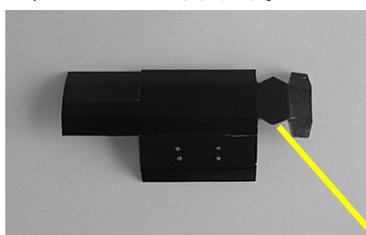
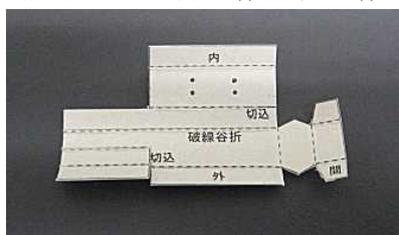
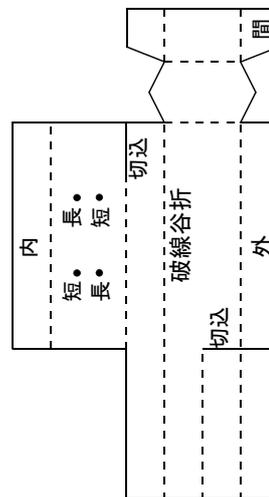
ちなみに、抵抗 (不燃性酸化金属皮膜抵抗、3W、4.7K Ω 等) を用いて電圧を下げる装置が一般に知られているが、この場合、抵抗の温度が 100 $^{\circ}$ C 程度まで熱くなることが予想されるので熱への対策が必要である。

5. 本体の製作

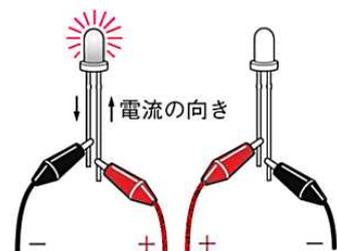
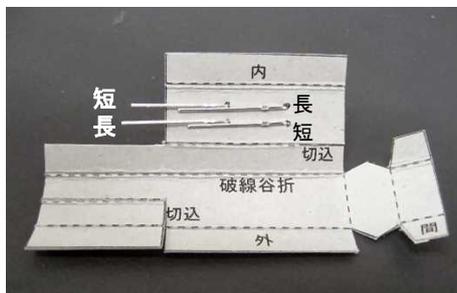
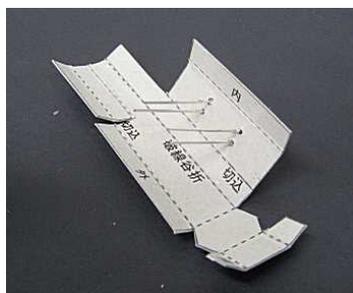
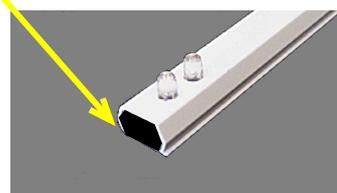
- ・長さ 50cm の配線モール(1号)を準備する。
- ・カバーをはずし、カバーの先端から 1cm と 2cm の中央位置に印をつけ千枚通しで小穴をあける。
- ・φ 5.0mm のドリルで穴をあける(LEDの直径で変動)。



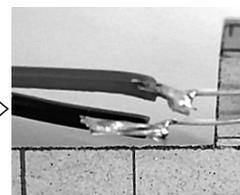
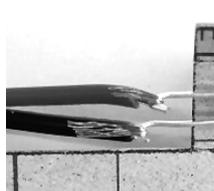
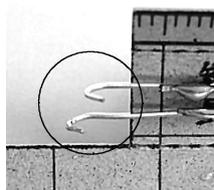
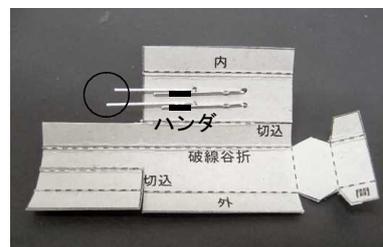
- ・工作用紙 (3.5cm × 6.5cm) に右図 (実寸) を書き写す。
- ・実践は切り取り、破線は谷折りする。なお、破線は折る前に一度、物差しと千枚通しの先端を使ってしっかり跡をつける。
- ・4箇所「・」は、LEDの足が通る小穴を千枚通しであける。
- ・黒などの色付工作用紙で作ると見栄えがよい(下図)。



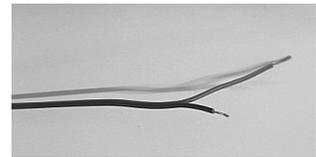
- ・LEDを「・」の穴にさす。このとき足の長さに注意する。足の長さが互い違い(+と-、-と+)になるようにする。LEDは足の長い方が「+」、足の短い方が「-」である。(上下の色は、好みに応じて青と緑を配色する。)



- ・LEDの足を折り曲げて、重なっている部分をハンダ付けする。なお、LEDは熱に弱いので素早く作業すること。
- ・ここまでの作業が終了したら一度、通電(3.0V)してLEDが点灯するか確かめる。
- ・ラジオペンチの先でLEDの足の先端を小さく「U」に曲げる。
- ・平行コードを約30cmに切り、先端を5cm程度半分に割って、両方のコードの被膜を5mm程度むく。
- ・コードを「U」に曲げ、LEDの足にひっかけてハンダ付けする。



- もう一方の端は、先端から 8cm 程度を半分に割り、黒コードのみを 3cm 程度短く切る。両方のビニル被膜を 5mm 程度むく (モールに納めたとき段違いにしてショートを防ぐため)。



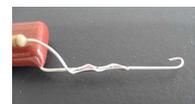
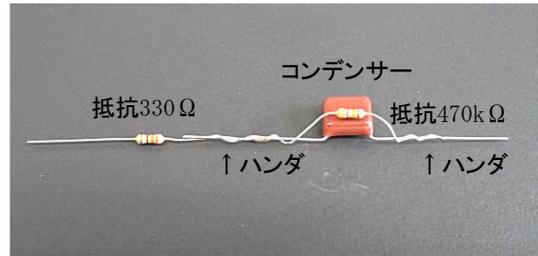
(DC 用プラグの組立)

- 平行コードを約 20cm に切り、被膜を 5mm 程度むき 2.1mmDC ジャック (メス) にハンダ付けする。カバーは取り外しておく。
- もう一方の端は、先端から 5cm 程度を半分に割り被膜をむく。



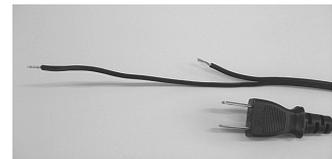
(コンデンサー、電気抵抗の組立)

- コンデンサーの両足を根元から 90° に折る。
- 470k Ω の抵抗をコンデンサーの背に乗せ足をコンデンサーに巻き付ける。
- 330 Ω の抵抗を右図のように、コンデンサーの片方の足に巻き付ける。
- 全てをハンダ付けする。
- ラジオペンチで両端を小さく「U」に曲げる。

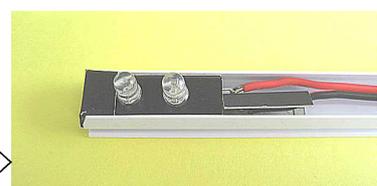
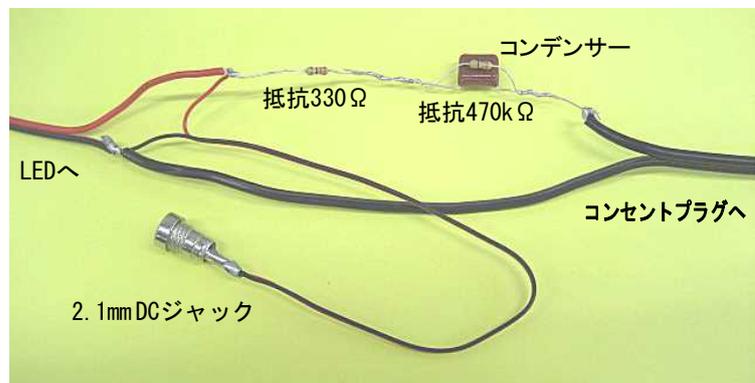


(組立)

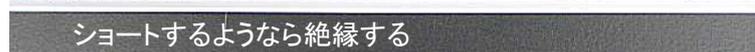
- 2P プラグ付 AC コードの端の一方を 12cm 程度切り、さらに、少しコードを割ってから両方のビニル皮膜を 5mm 程度むく。
- 各部品をハンダで接続する。
- ※図 4 の回路図を参照。



- LED の工作用紙を組み立てる。平行コードは厚紙で絶縁される。
- 厚紙を折って、配線モールの底部に取り付ける。

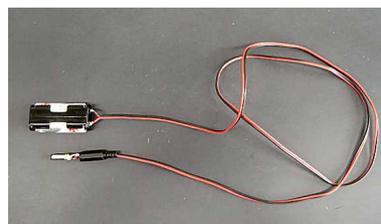


- モールの下端に、グルーガンで 2.1mm ジャック、AC コードを接着する。
- 全ての部材をモールに入れる。
- 線が少しだぶつくので、途中で線を折り曲げる。
- モールに蓋をする。



(DC 電源の製作)

- 1 m の平行コードの被膜をむき、2.1mmDC プラグ(オス)、電池ボックスにハンダ付けする。
- 電池ボックスに乾電池をセットする。



3. 実験

- AC100V にコンセントプラグを差し LED を点灯させる。両方が点灯していることを確認してからモールを左右に振ると「・・・」に見える。
- 次にコンセントプラグを抜き、乾電池ボックスに電池 2 本を入れ (3V)、本体装置の 2.1mmDC ジャック(メス)に接続する。どちらか一方の LED が点灯する。左右に振ると一本の線になって見える。
- 交流周波数調整が可能な電源装置 (例. ヤガミ ADS-20V ¥70,400) や低周波発信器を用いる場合、出力電圧 3.0V で 2.1mmDC ジャック(メス)に接続し、モールを左右に振るといろいろな幅の「・・・」が見える。



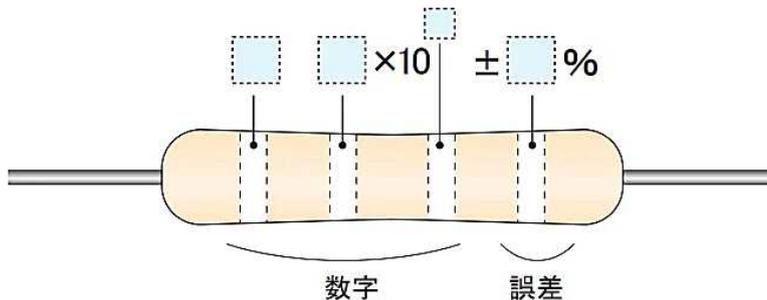
交流周波数調整可能電源装置



低周波発信器

※電池ボックスから電池を抜き、電池ボックスの+-端子にリード線等で接続する。

4. 資料 (電気抵抗の読み方)



色	黒	茶	赤	橙	黄	緑	青	紫	灰	白	銀	金
数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—
誤差	±20%	±1%	±2%	—	—	—	—	—	—	—	±10%	±5%

炭素皮膜抵抗 (帯: 4本)

金属皮膜抵抗 (帯: 5本)

