

実験1

令和5年度は、スライドを見て
実験を疑似体験して下さい。

センサー（サーミスタ、CdS、フォトダイオード）
LED（ Light Emitting Diode ）

交流電源、ダイオードの整流回路、
電磁誘導について、実験を通して
知識の整理をします。

発光ダイオードの実験

LED (Light Emitting Diode)



¥60

¥50

¥33

¥130

ROHM

SLA560BC7T3F

5φLED青発光 透明樹脂(2個入)

$V_f: 3.2V(\text{typ})/I_f: 20mA(\text{typ})/I_{\text{avg}}: 500mA(\text{typ})$

¥126 / 120



2001240000292

CREE

C503B-GCS-CY0C0791

2P 5φ 緑色発光LED (2個入)

$V_f: 3.2V(\text{typ})/I_f: 20mA/1_{\text{avg}}:$

¥108

¥105



100

2003510000070

CREE

C503B-RCN-CW0Z0AA1

3P 5φ 赤色発光LED (3個入)

$V_f: 2.1V(\text{typ})/I_f: 20mA/1_{\text{avg}}: 5.10d(\text{typ})$

8%税込

¥108



100

2003510000063

ROHM

SLA560WBC7T3

5φLED白発光 透明樹脂(2個入)

$V_f: 3.2V(\text{typ})/I_f: 20mA(\text{typ})/I_{\text{avg}}: 1000mA$

8%税込

¥280



260

2001240000308

Light Emitting Diode
LED

それぞれのLEDに3Vの
電圧を加える。

順方向で発光するが、
逆方向では発光しない
ことを確認する。(LED
は極性をもつ。)

LEDのプラスチックは
透明だが、様々な色が
発光することを観察し、

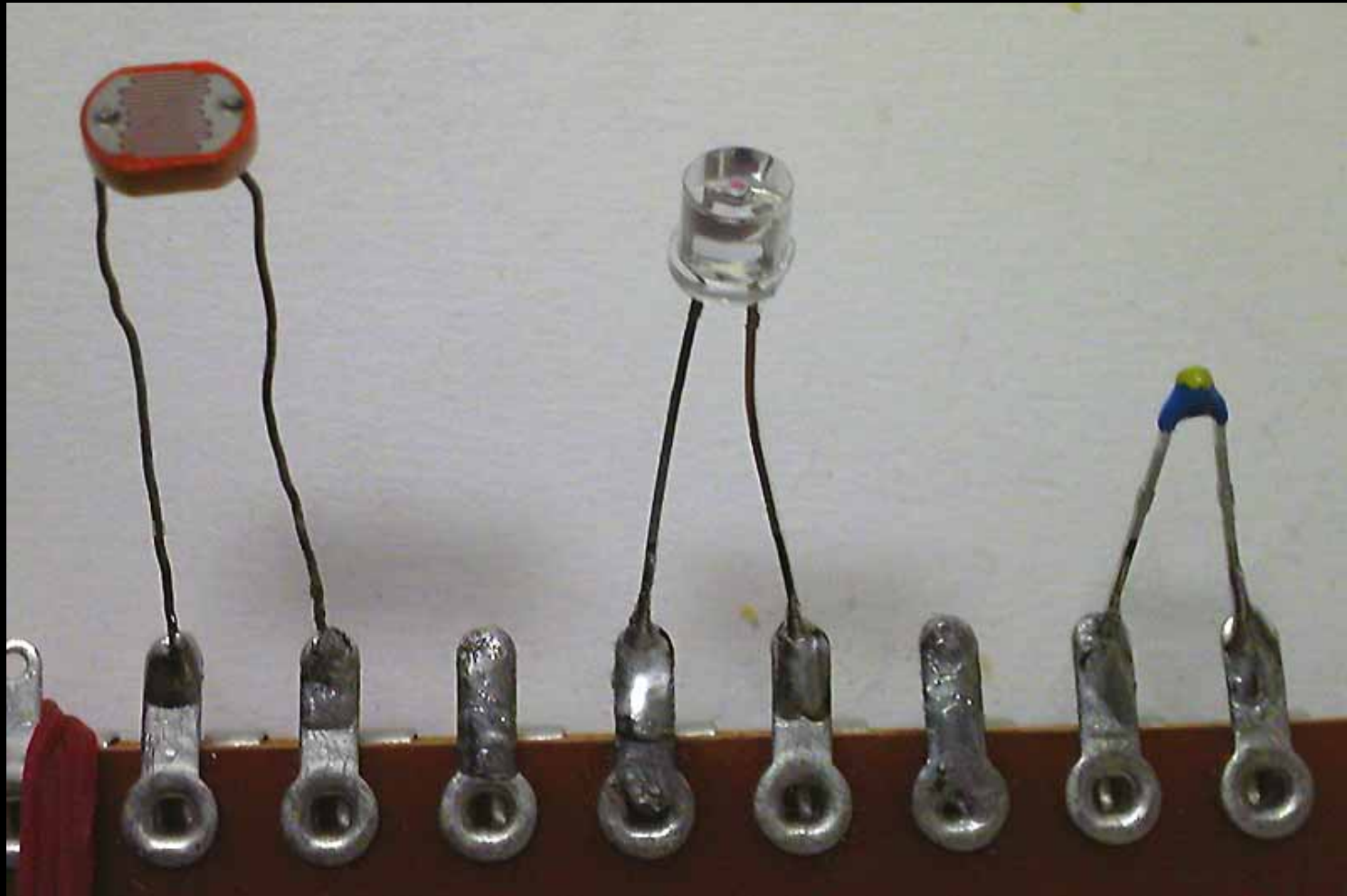
特定の波長の可視光線
を発光することを理解。

発光時でもLEDは熱くない
ことを確かめる。
(赤外線は出ない。)



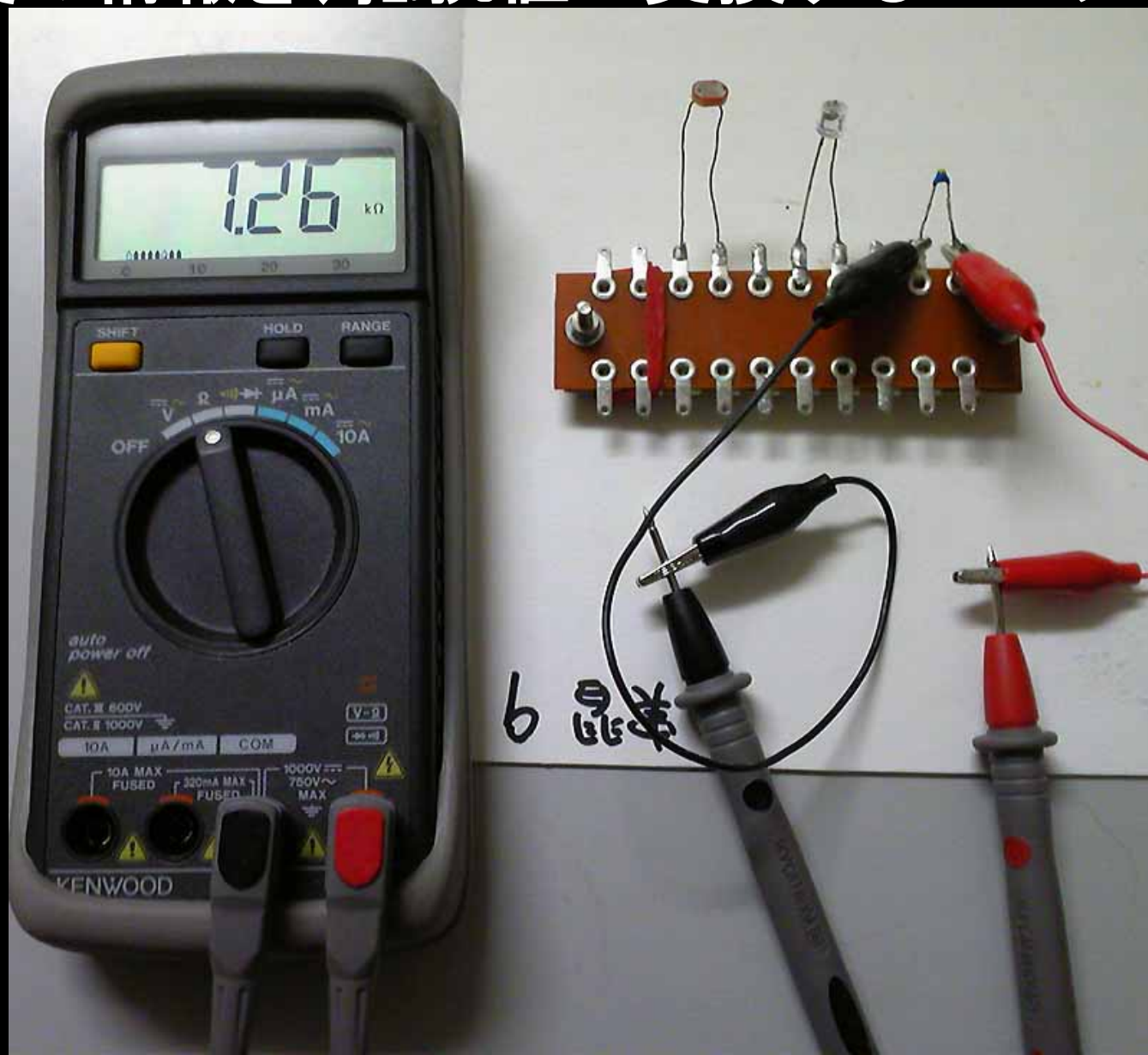
センサ sensor (トランスデューサ)の実験

温度や明るさの情報を、抵抗値や電圧などの電気信号情報に変換するセンサの動作を確かめる。

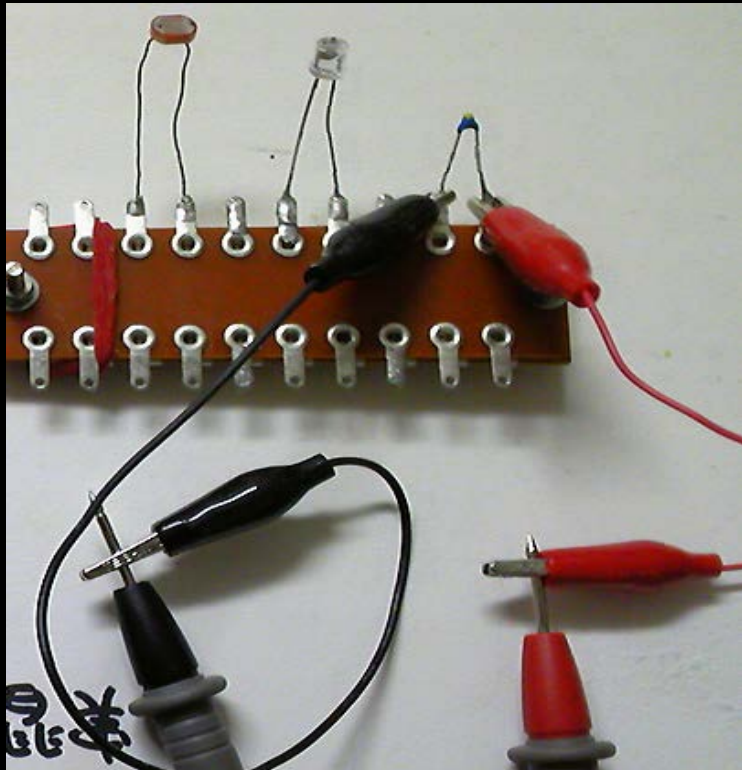


サーミスタ Thermistor

温度の情報を、抵抗値に変換するセンサ



サーミスタの端子を、ワニぐちコードでテストの
プラスおよびマイナス端子に接続。
テストの COM端子に黒コード、
V、 Ω 端子に赤コードを接続。
ロータリースイッチは Ω に設定。

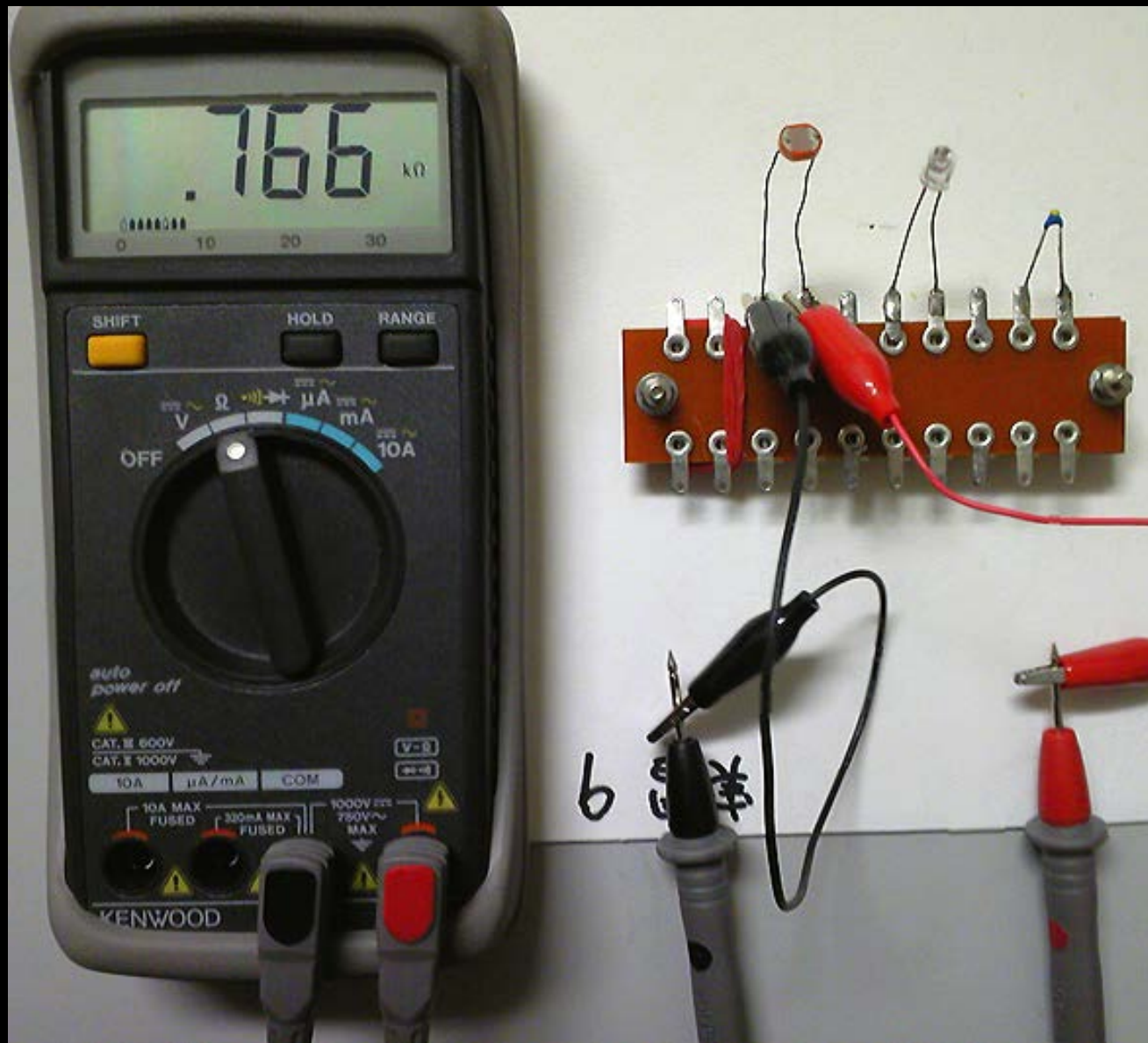


サーミスタの先端を、指で触れて温めたり
金属に触れさせて冷やしたりして、
サーミスタは、温度上昇で抵抗値が下がることを
確認してください。

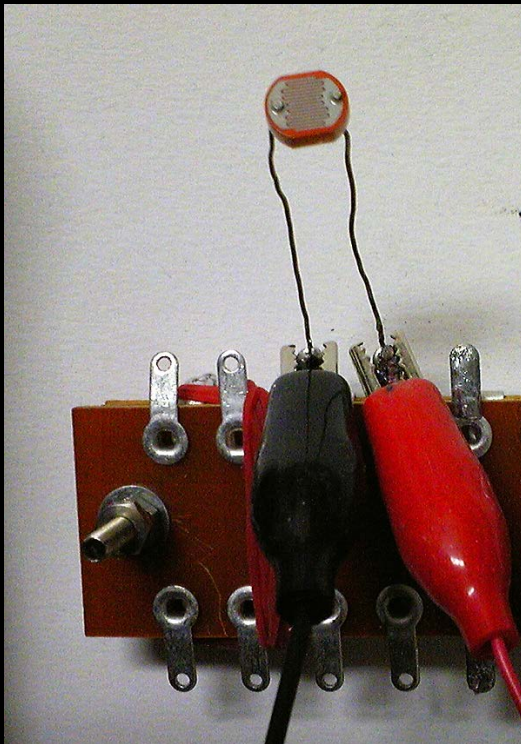


CdS カドミウムセル 硫化カドミウム

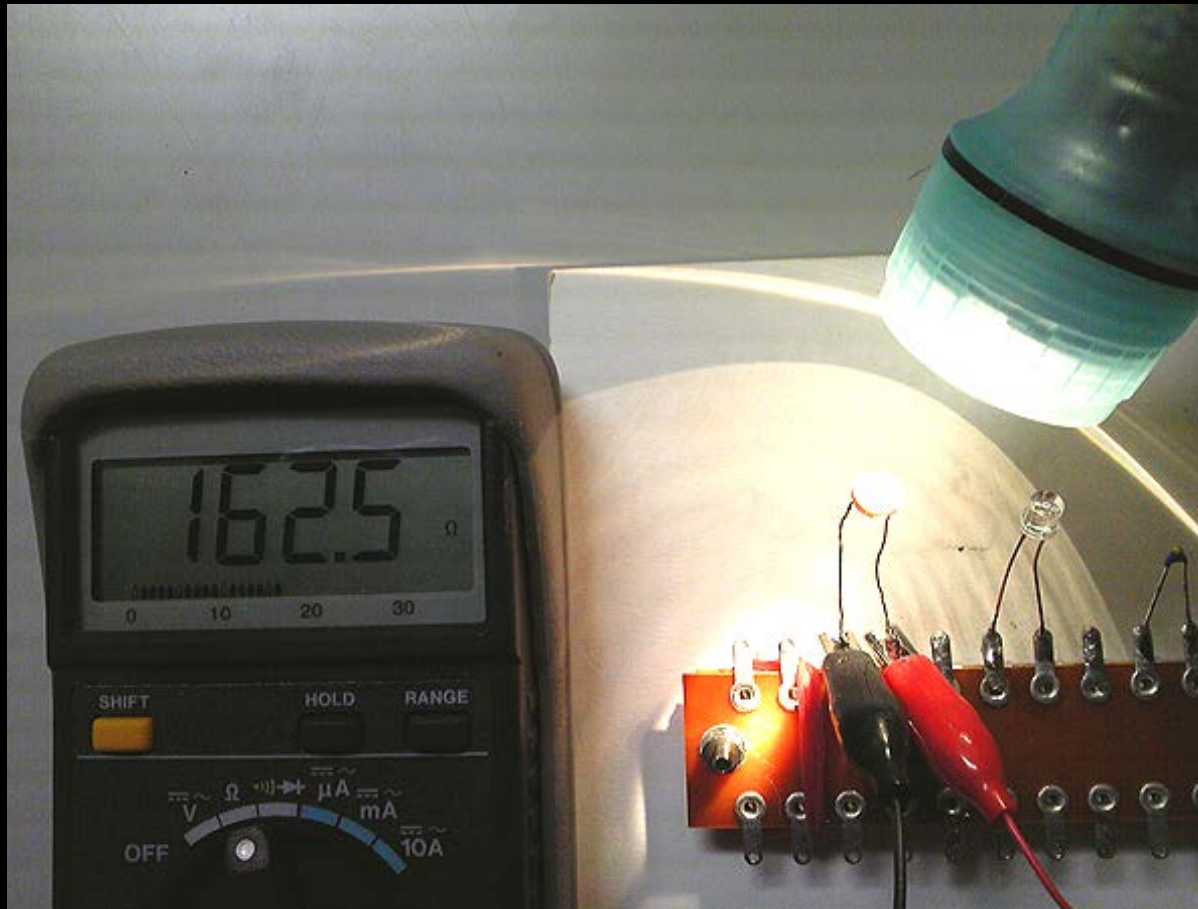
明るさの情報を、抵抗値に変換するセンサ



CdS の端子を、ワニぐちコードでテストの
プラスおよびマイナス端子に接続。
テストの COM端子に黒コード、
V、 Ω 端子に赤コードを接続。
ロータリースイッチは Ω に設定。

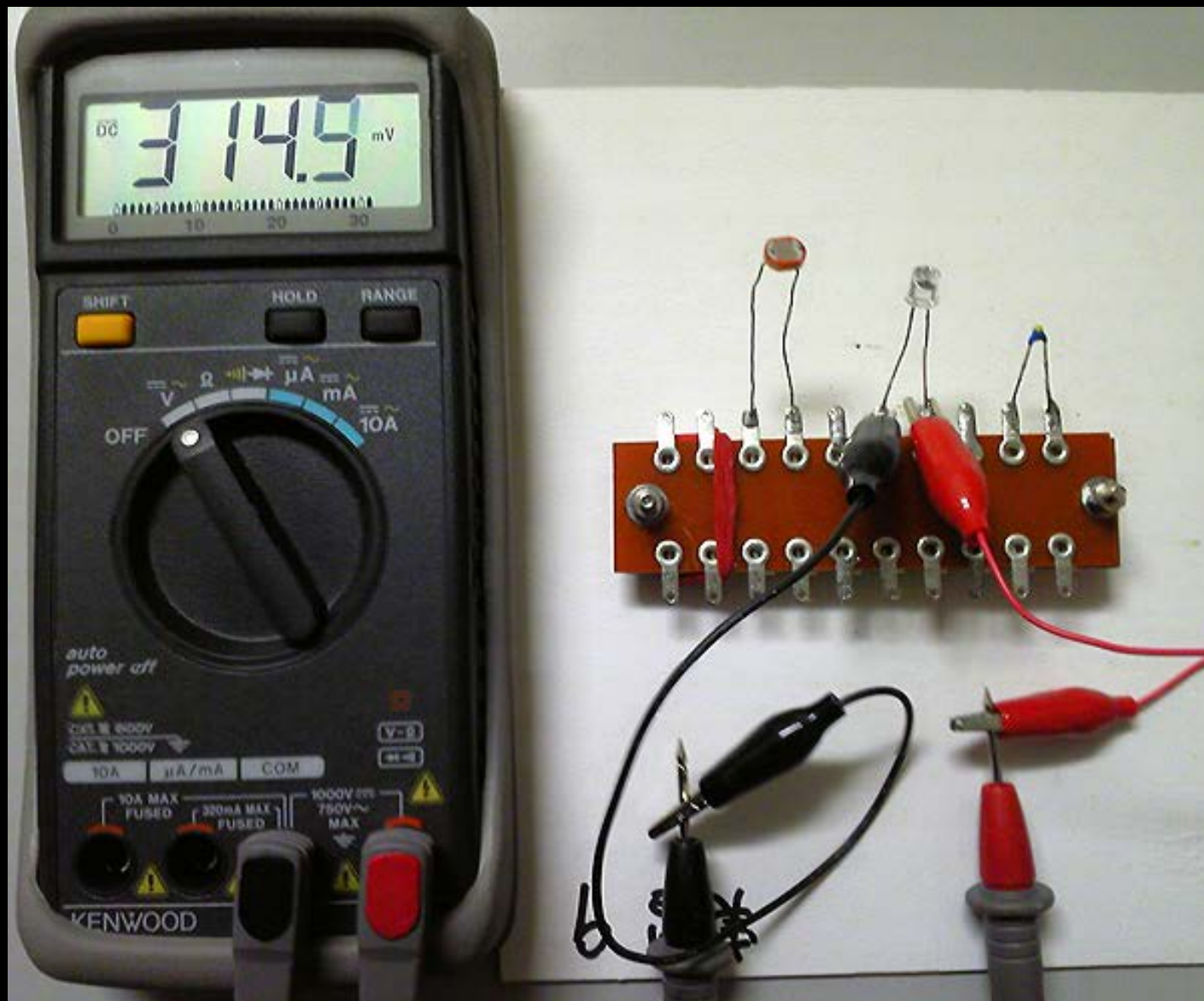


CdSの先端を、ライトで照らしたり、
手でおおって暗くしたりして、
CdS は、明るさ(明度)の上昇で抵抗値が下がる
ことを確認してください。



フォトダイオード Photo Diode

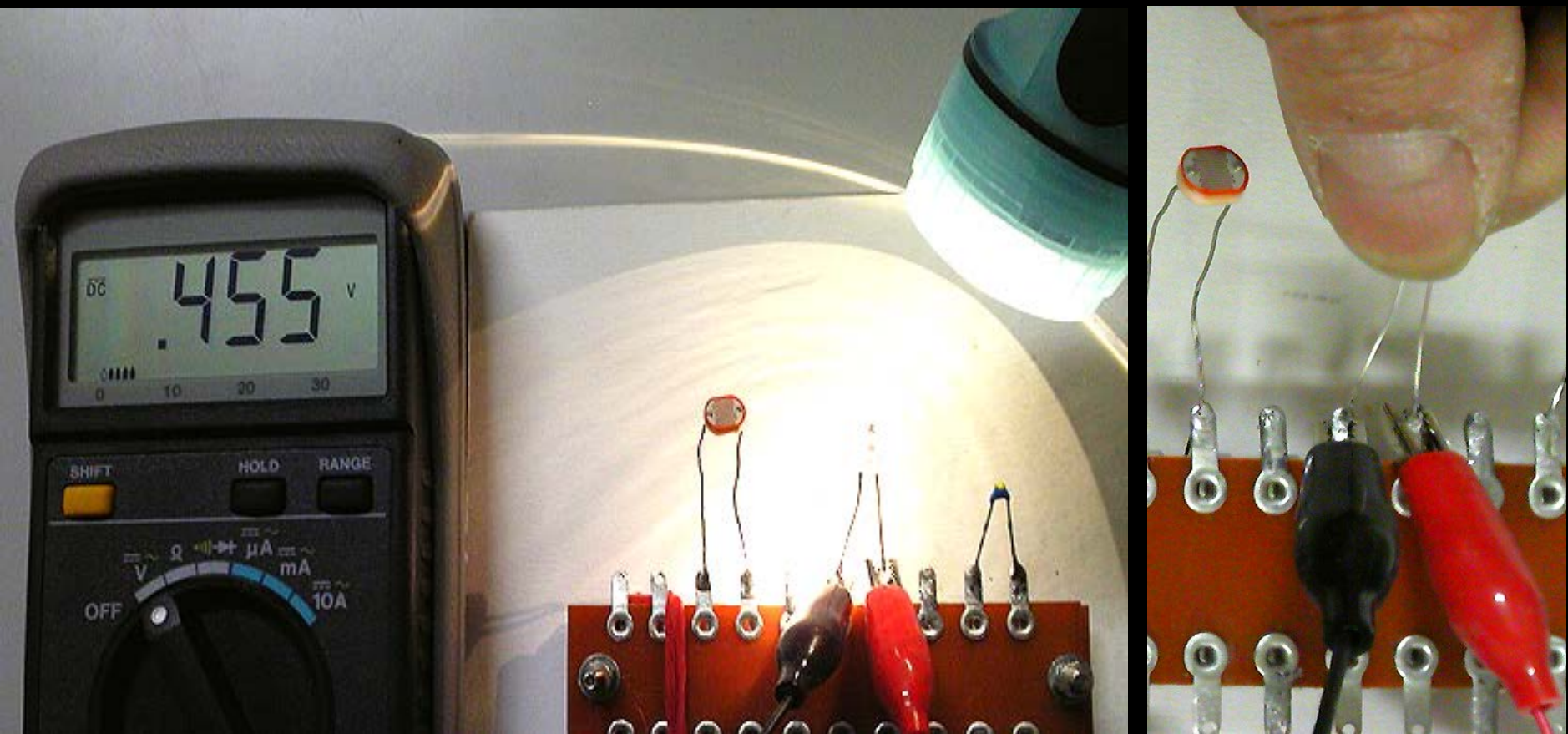
明るさの情報を、電圧に変換するセンサ



フォトダイオードの端子をワニぐちコードでテスターの
プラスおよびマイナス端子に接続。
テスターの COM端子に黒コード、
V、 Ω 端子に赤コードを接続。
ロータリースイッチは V に設定。



フォトダイオードの先端を、ライトで照らしたり、
手でおおって暗くしたりして、
フォトダイオードは、光を当てると電圧を発生する
(発電、起電力が発生する)ことを確認してください。



http://chtgkato3.med.hokudai.ac.jp/kougi/ME_practice/

オシロスコープの使い方

Oscillation 【名】〔物〕振幅,振動.

Oscilloscope【名】信号電圧の波形観測装置

電気信号を目で見る機械。

アナログ オシロスコープ

ブラウン管(CRT)に、信号が点の動きとして表示される。

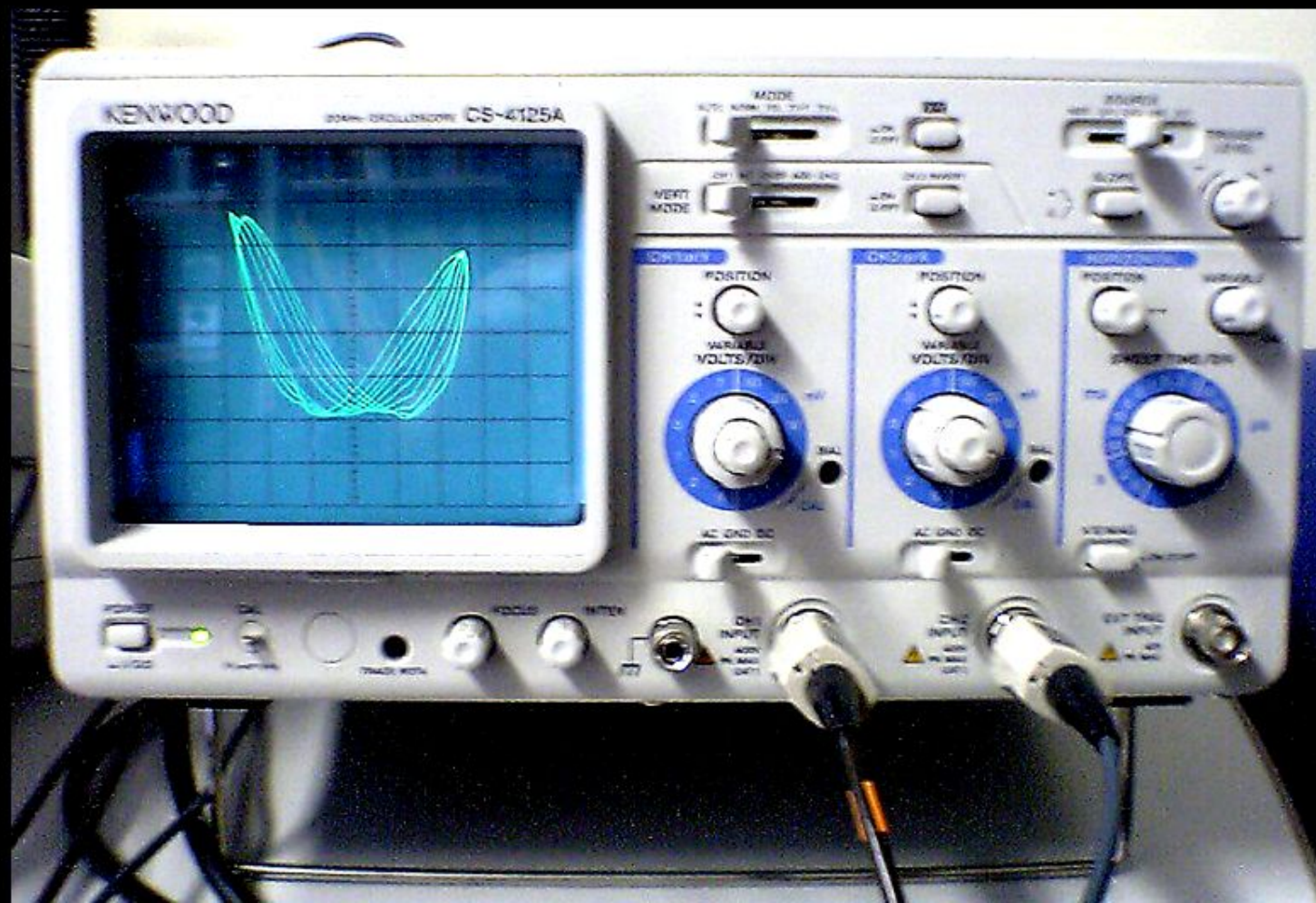
デジタル オシロスコープ

コンピュータに、信号の波形データがデジタル信号としてAD変換されて取り込まれ、波形データおよびデータ解析波形などが、画面に表示される。

実習に用いる アナログオシロスコープ

測定可能周波数 0 Hz ~ 20 MHz (普及型 7万円)

2チャンネル(2種類の信号を同時表示可能)



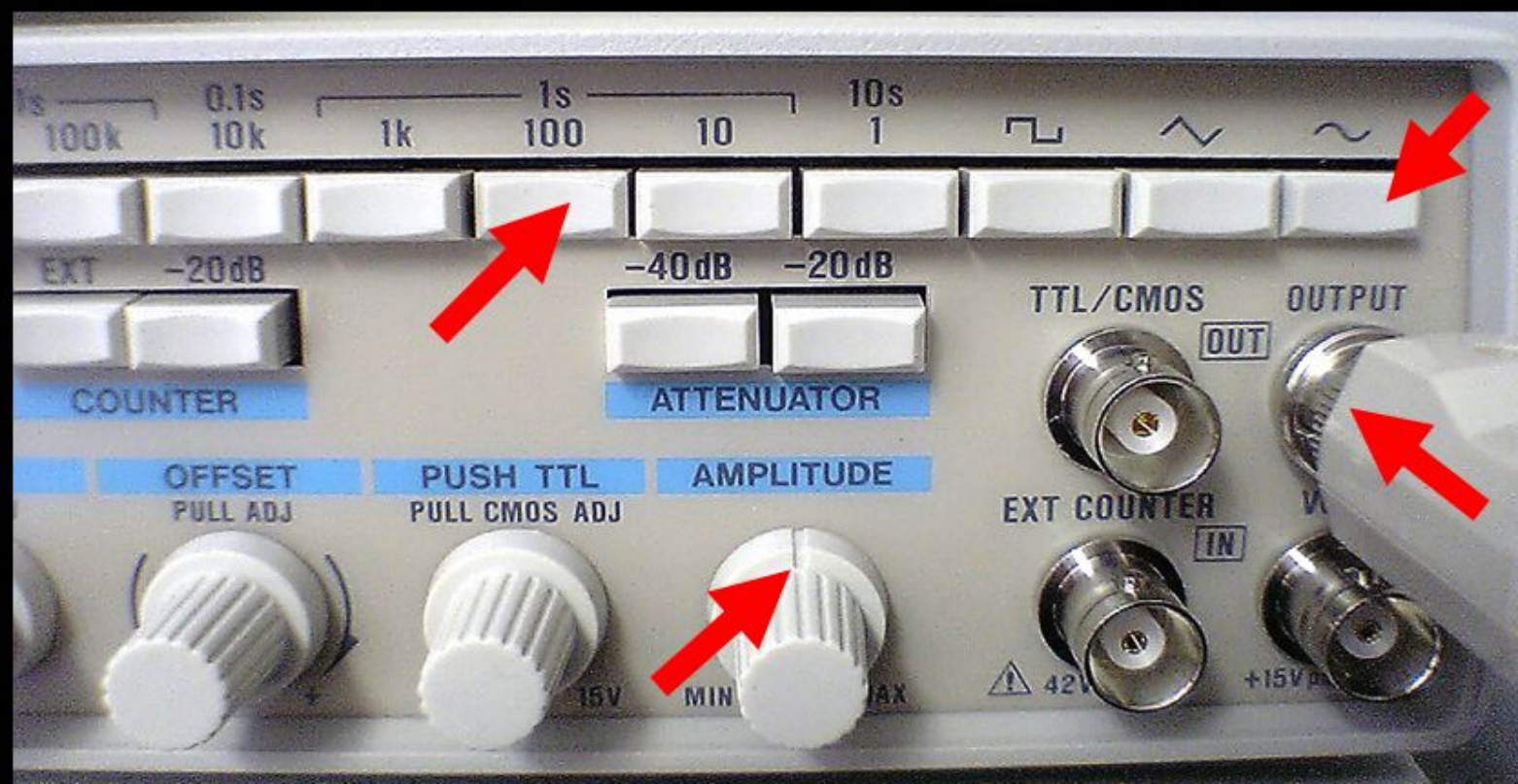
発振器 ファンクション ジェネレータ (関数発生器)

直流電圧信号や、正弦波、矩形波、三角波などの交流電圧信号を発生する装置。

いろいろな電圧や周波数（実習で使う装置では、2MHzまでの普及型。8万円）の信号を発生できる。



発信器で 50Hzの交流電圧を発生させる
発信器の OUTPUT端子にプローブを接続する。
正弦波ボタン(~ マーク)を押す。
周波数ボタン 100を押す。(10~100Hz を発生するボタン)
AMPLITUDEつまみの目印が真上になるように回す。
(出力電圧調節)



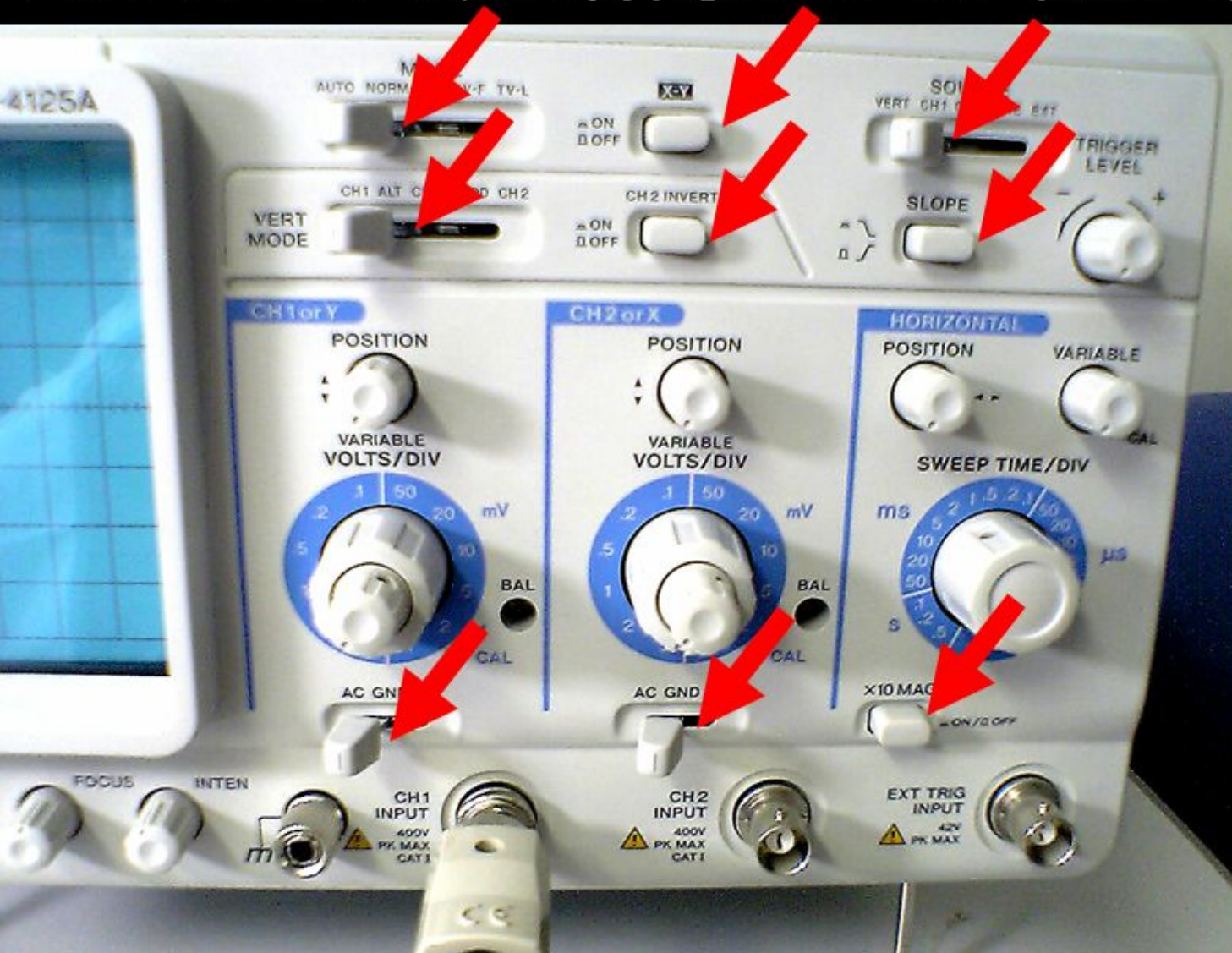
発信器の FREQUENCY(周波数)つまみをゆっくり回すと
発生周波数が変化する。50Hzに合わせる。
つまみを動かしてから数秒後に周波数が変化するので
ゆっくり微調整すること。



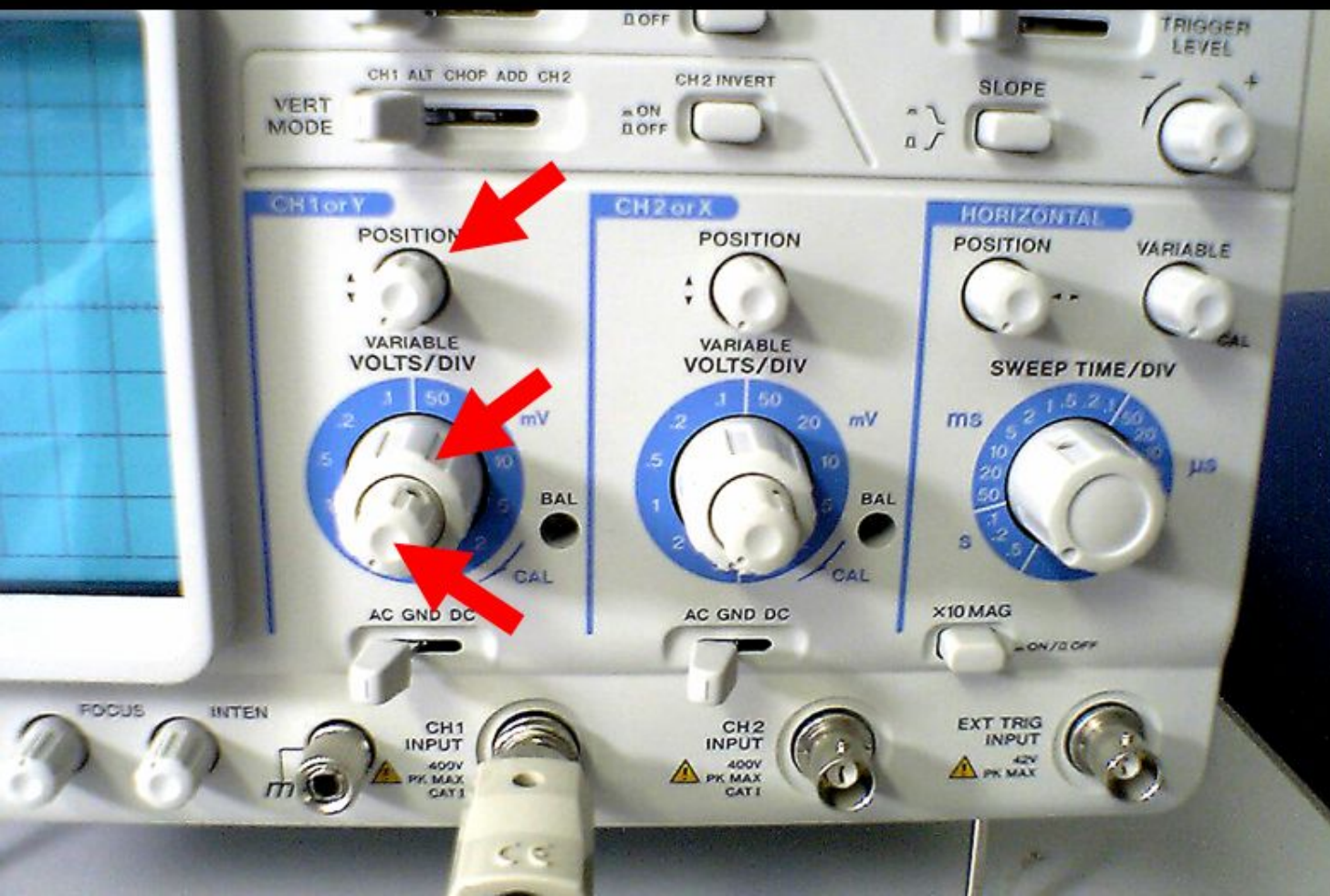
とりあえず、レバースイッチは全部左側

(オートモードでCH1測定) に設定。

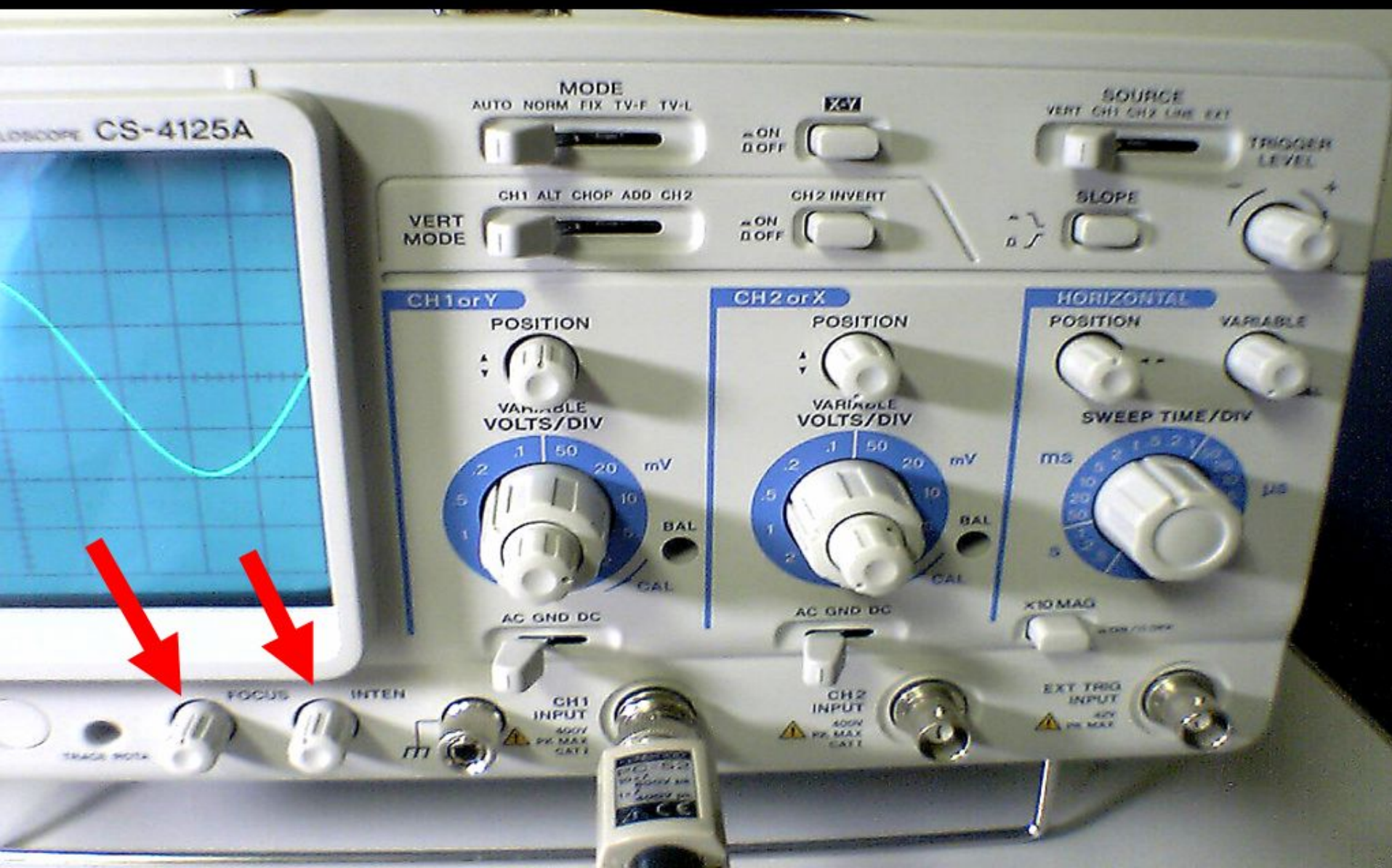
ボタンスイッチも、全部押されていない状態にする。



波形がブラウン管(CRT)画面に表れない場合は、
CH1 の VOLT 調節つまみを回す。(波形の振幅調整)
(外側は粗い調整、内側は微調整つまみ)
またはPOSITIONつまみを回す。(波形の上下移動)



CRT表示のFOCUSつまみ (ピント合わせ)と
INTENつまみ (明るさ; intensity)を調節する。

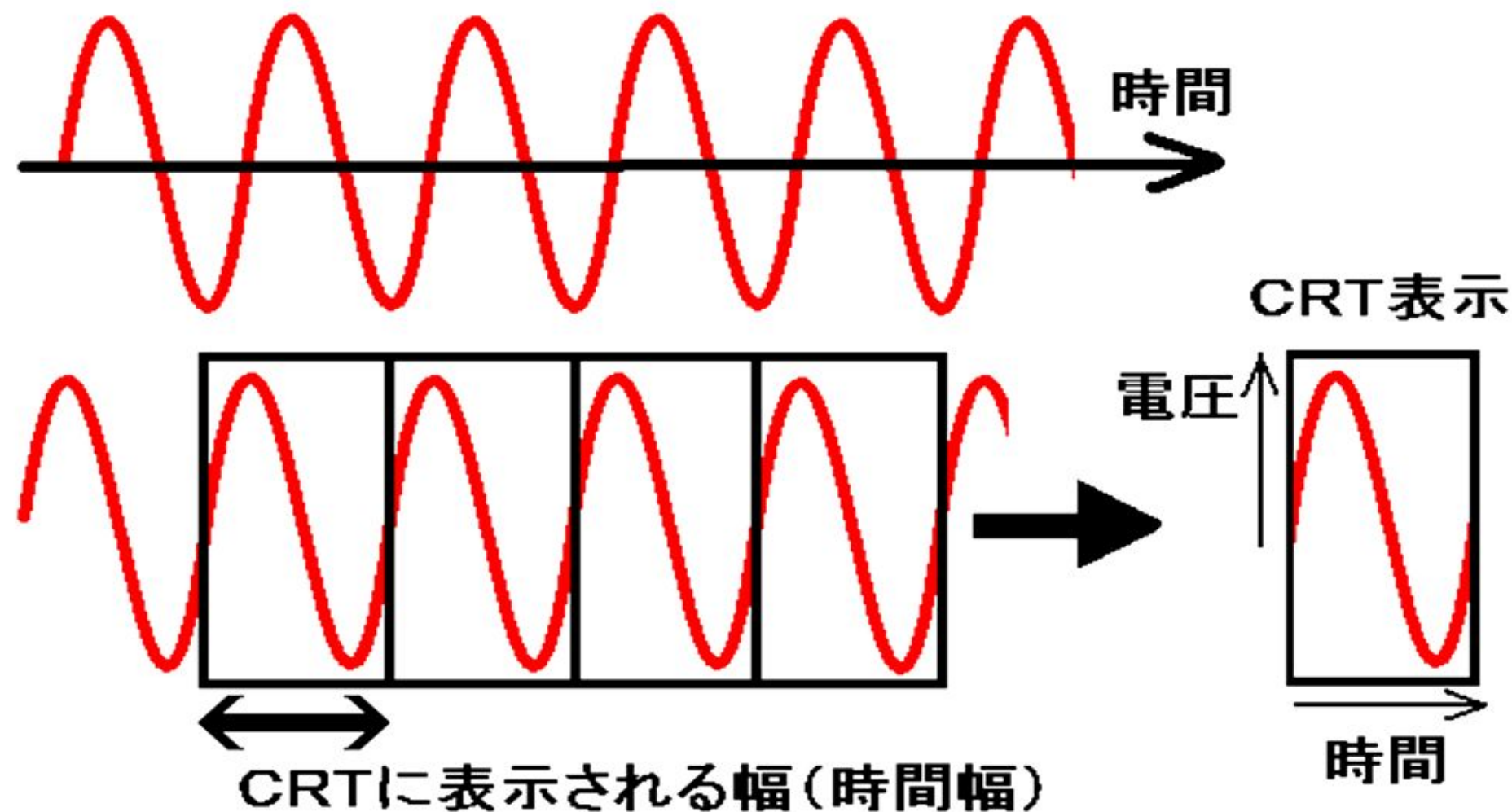


CRTに表示される波の数が 1 波長程度に
(波 1 個程度に)なるように SWEEP TIMEつまみを
調節する。(sweep; 掃引)

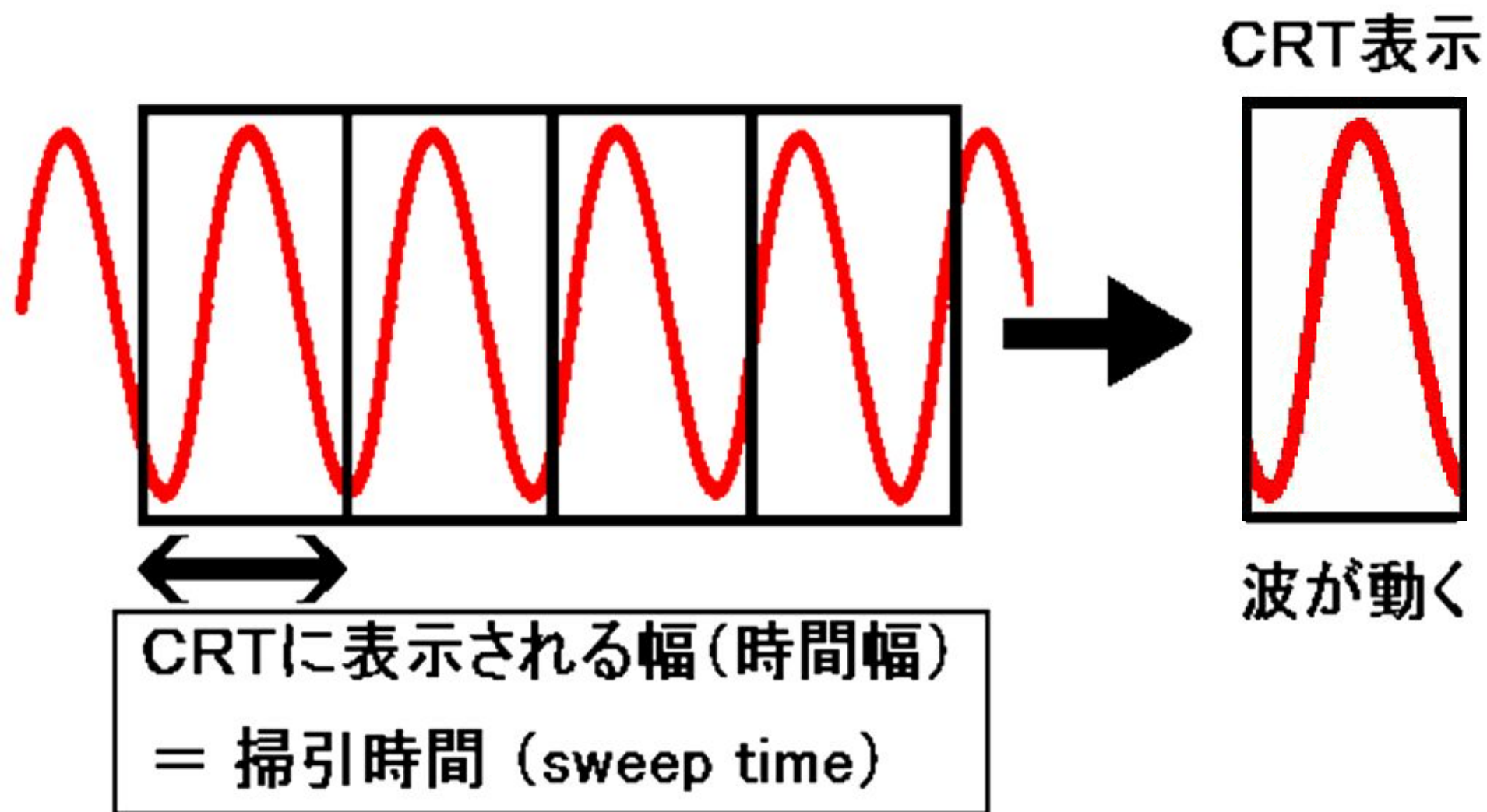


オシロスコープにおける 掃引 (Sweep) の意味

オシロスコープに表示される波形の時間幅は限られているので、一定の時間で折り返して表示しなければならない。



CRTに表示される時間幅と、波形の波長の比が
整数倍にならないと、CRT画面上の波形が動く。

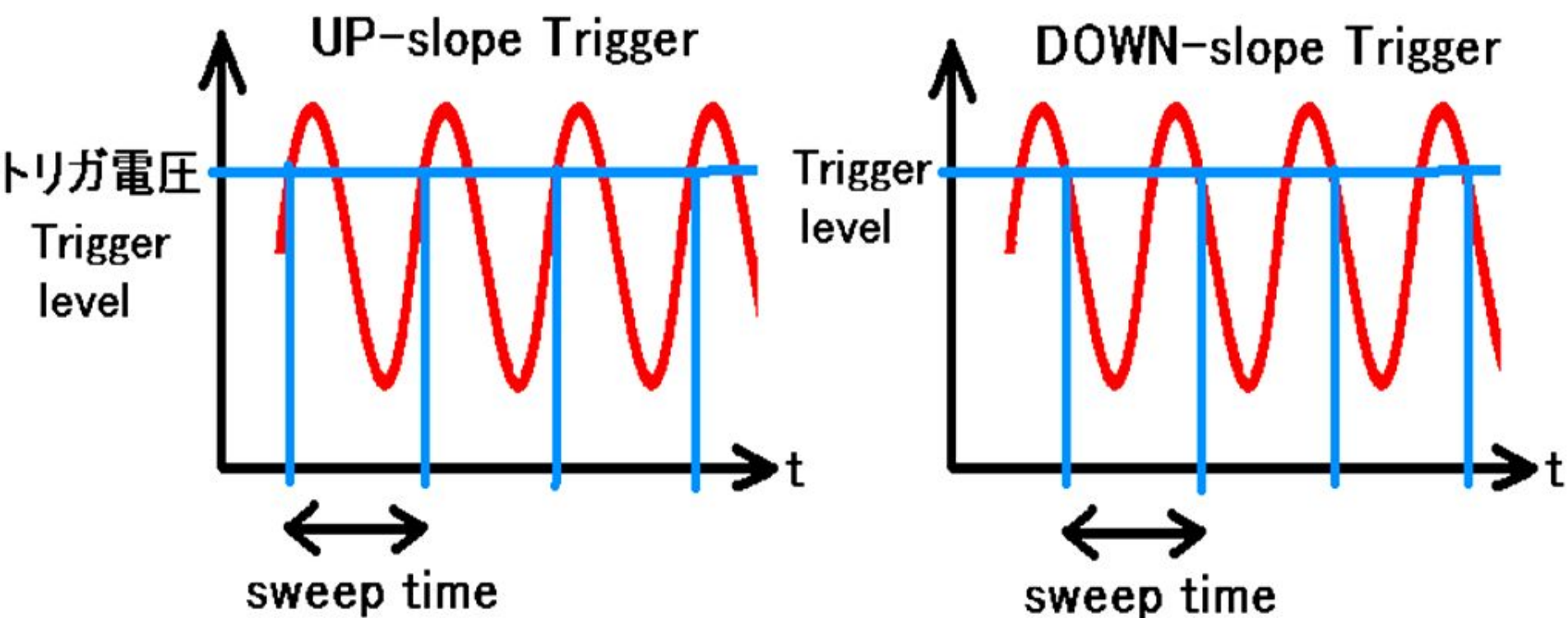


入力波形で、ある一定の電圧 (Trigger level) を示す時間間隔を測ってその時間間隔を掃引時間になっている。

SLOPE ボタン で、

Up-slope Trigger と DOWN-slope Trigger が選択できる。

トリガ電圧が不適切だと、正確な掃引時間を得られず波形が動く。

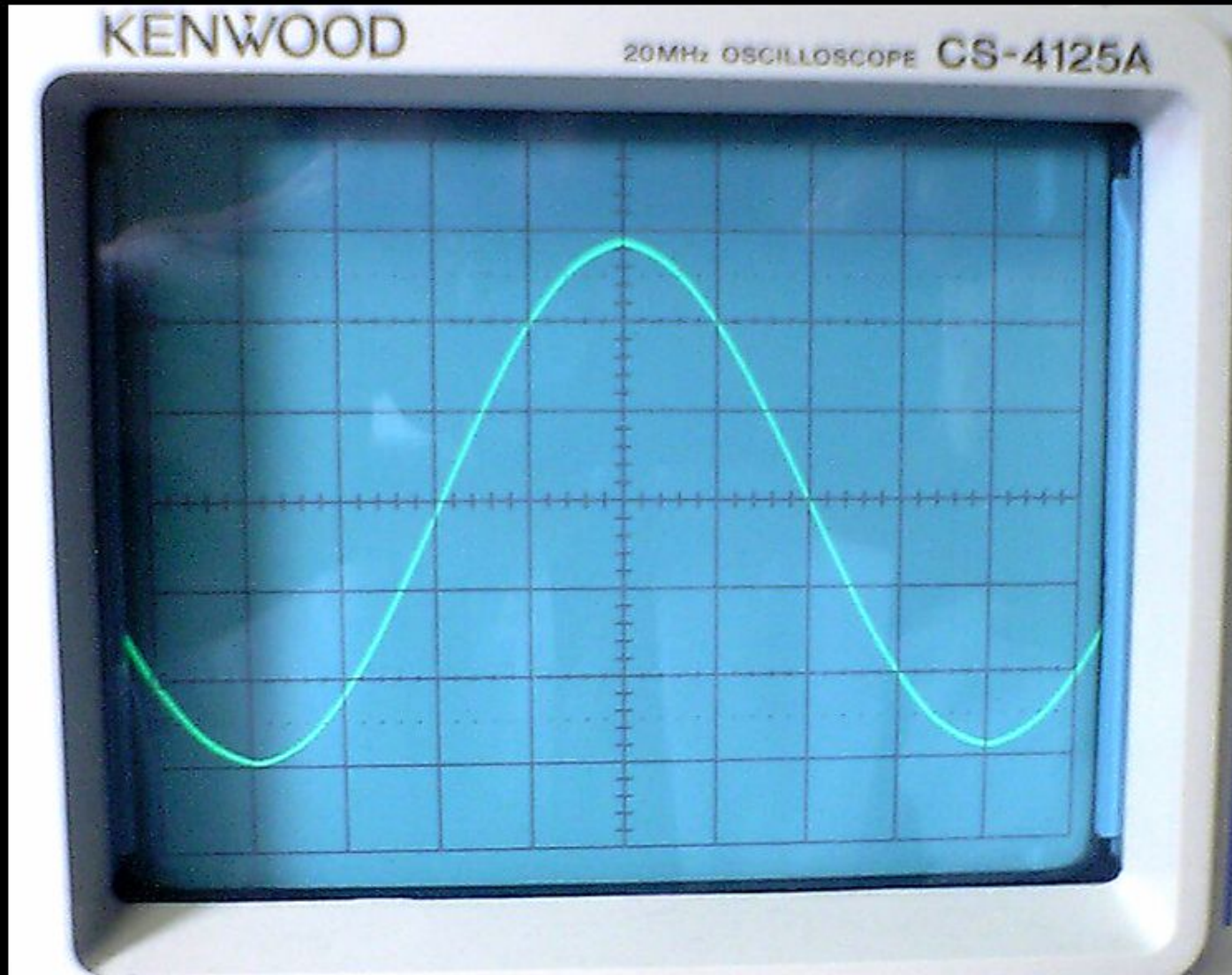


SLOPEボタンを切り替えると、波形が反転することを確認して下さい。
Trigger level を動かすと波形が動くことを確認して下さい。



CRT画面上で、50Hzの正弦波を、振幅3cm 波長8cmに
静止して表示されるように調整してください。

CRT上の格子目盛りは1cm。



CH1 POSITION 上下方向の微調整
VOLTS 振幅の微調整

HORIZONTAL POSITION 左右方向の微調整

VARIABLE 掃引時間の微調整(表示される波長の調整)

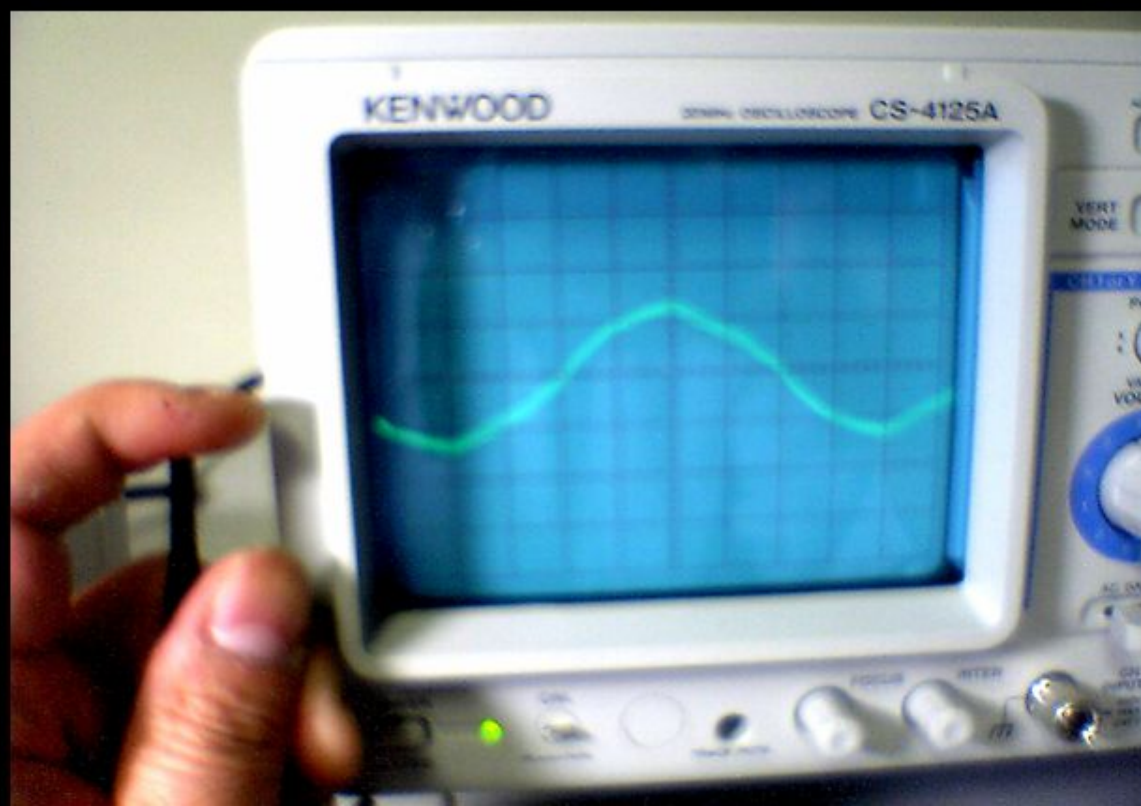


オシロスコープのCRT画面には格子模様があるだけで、目盛りの単位は付いていない。

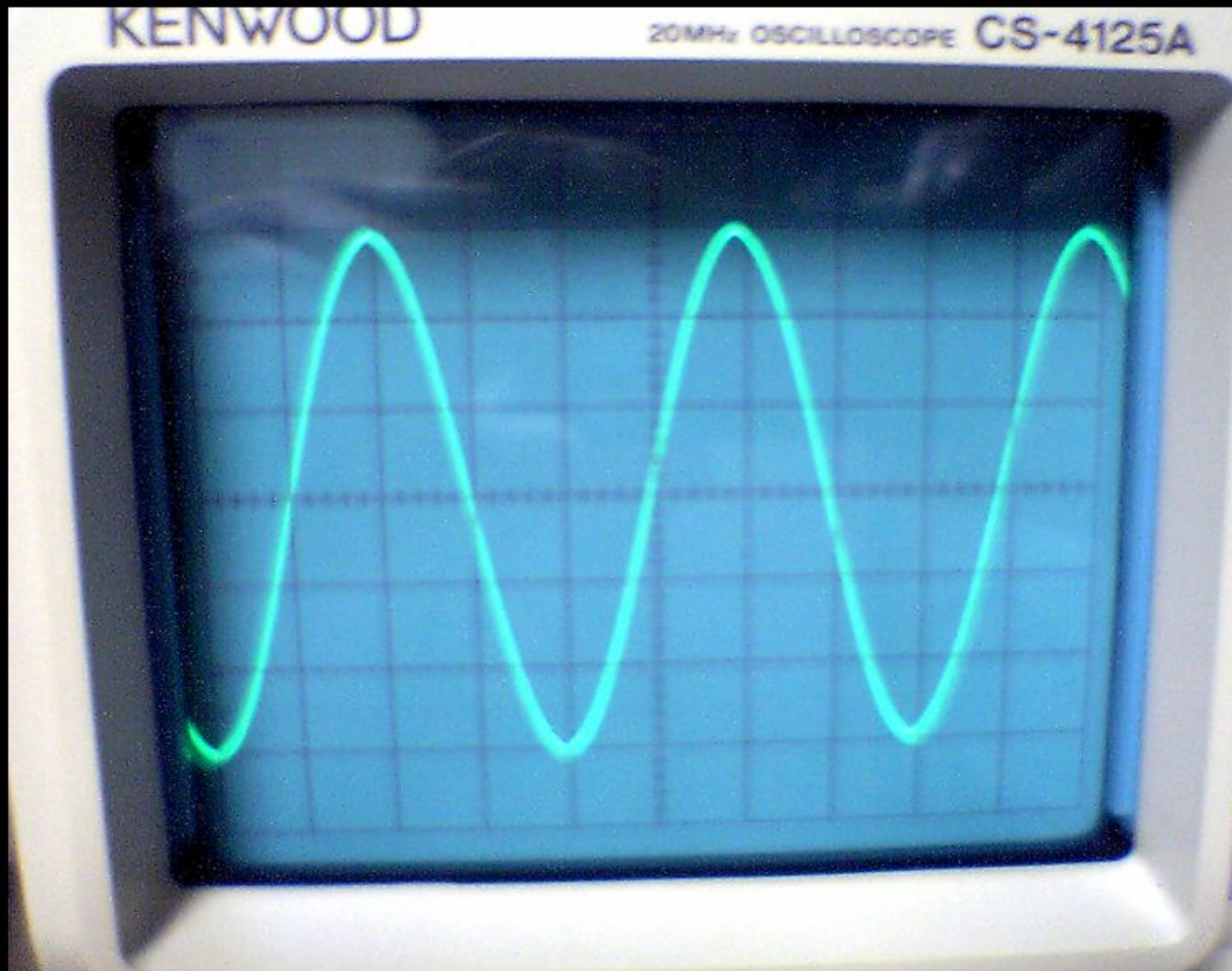
発振器で、周波数の分かっている信号を使って表示を調整してから、測定したい信号を測る。
(調整後には、微調整つまみを触ってはいけない。)

50Hzの正弦波が静止して波長8cmで表示される場合は、CRT上の横軸は8cmで $1/50$ 秒を表しているので、横軸1cmは $1/400$ 秒を示す。

発振器の電源を切って、オシロスコープに接続した
プローブのプラスおよびマイナス端子を手で触ると、
CRT上に、50Hzの歪んだ正弦波が表示される
ことを確かめて下さい。
この信号は何を測定しているか、考えて下さい。

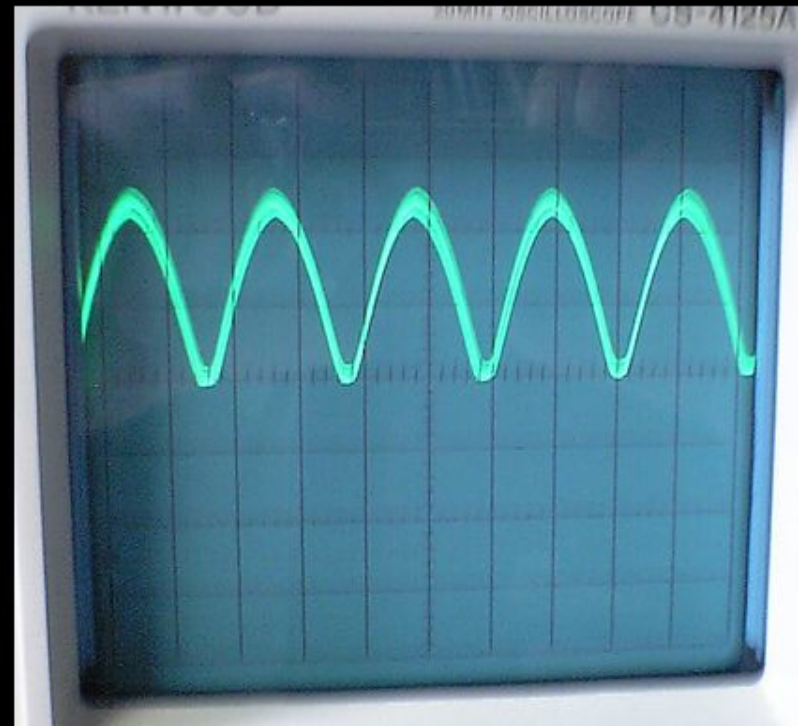
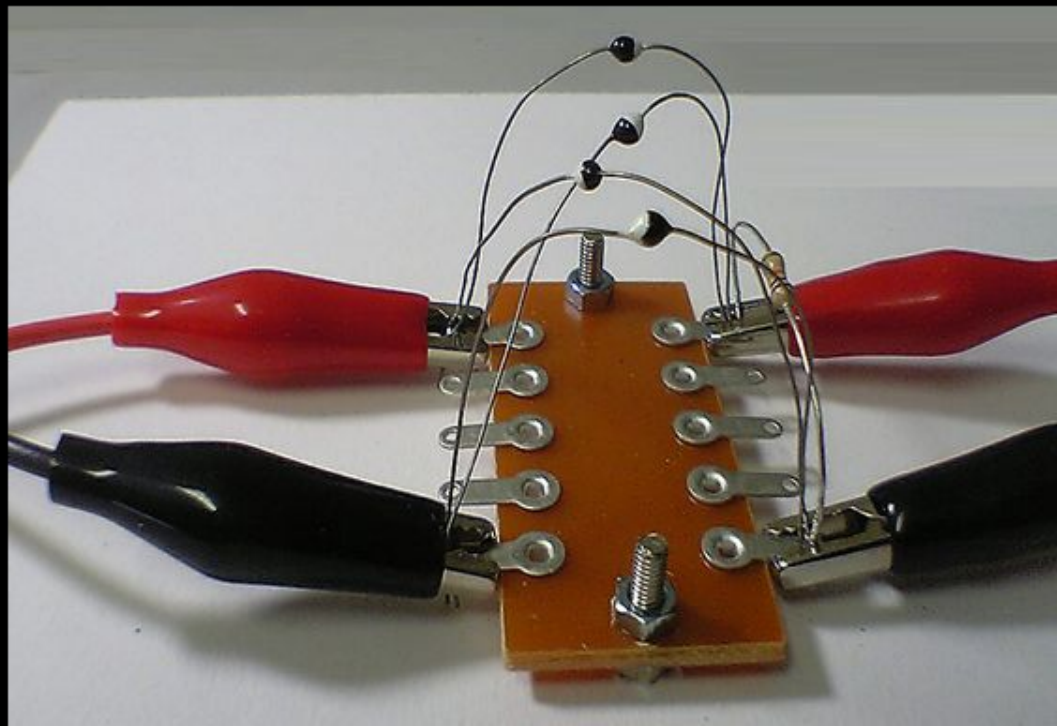


発振器の周波数を 100Hzにして、
表示される波形の波長が4cmに縮むことを確認して下さい。
(1波長が 1/100 秒になっていることを理解して下さい。)



整流回路の実験

ダイオードとコンデンサを使って、
整流回路（交流を直流に変換する回路）を
発振器とオシロスコープを用いて観察し、理解する。

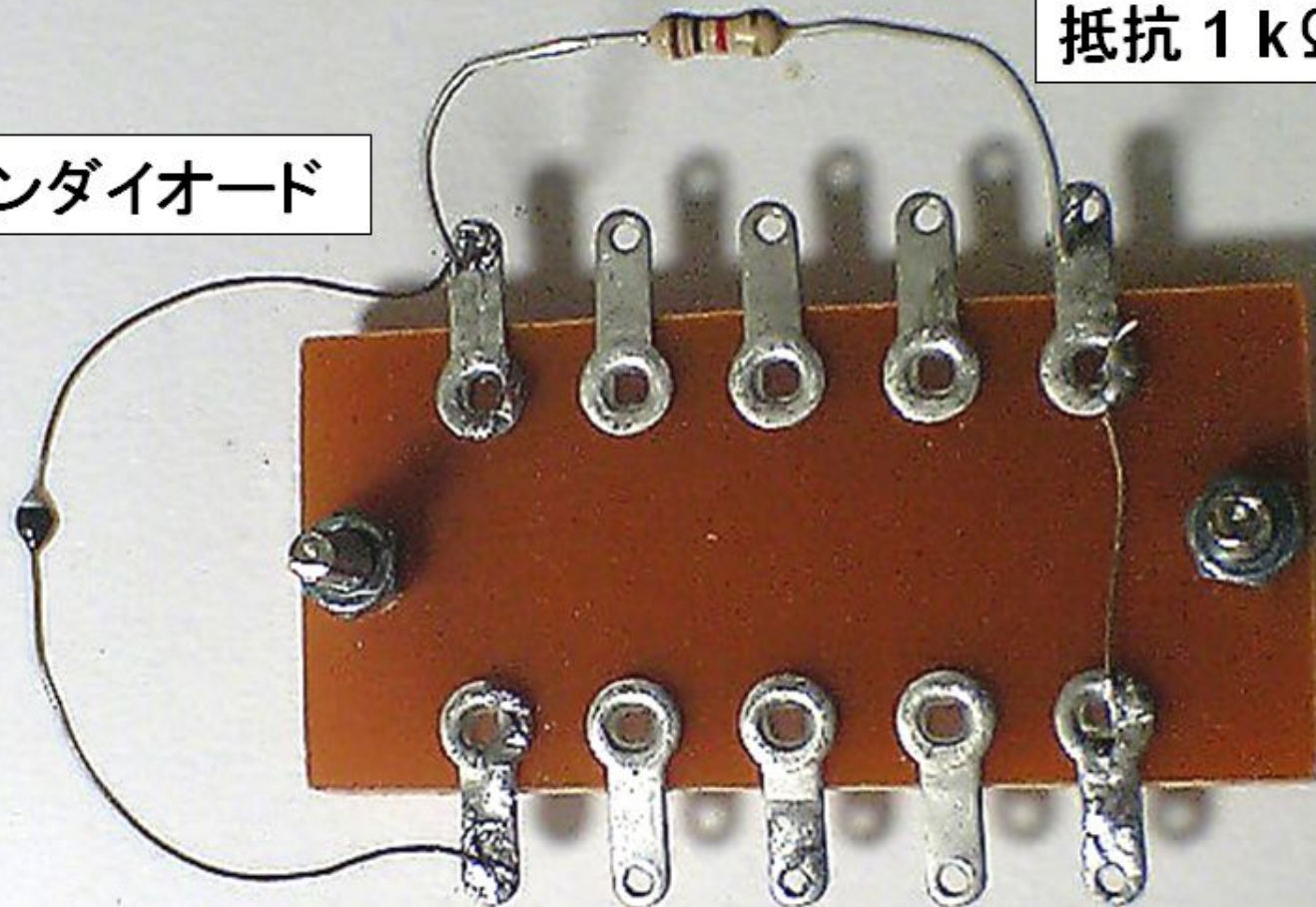


実験 1 半波整流

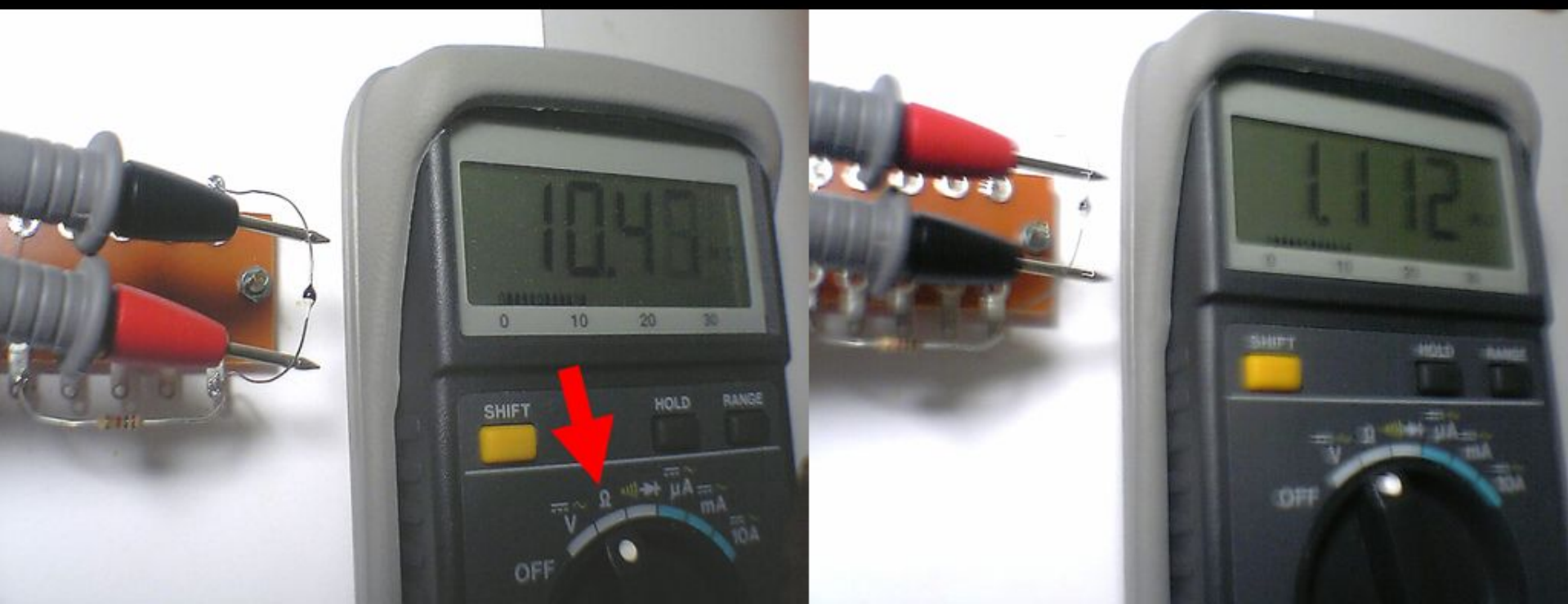
ラグ板に、ダイオードと $1\text{k}\Omega$ の抵抗をハンダ付けする。
ダイオードの端子には極性があるので注意する。
白く塗られた側の端子を抵抗とつなぐ。

シリコンダイオード

抵抗 $1\text{k}\Omega$ (茶黒赤)



ダイオードの抵抗値をテスターで測定する。
テスターのスイッチを、 Ω に設定して、赤電極を一番右の
ソケットに、黒電極を右から2番目のソケットに接続。
ダイオードの白電極を テスターのプラス(赤)電極に、
ダイオードの黒電極を テスターのマイナス(黒)電極に
あてたとき、逆にあてたときのダイオードの抵抗値を測定。

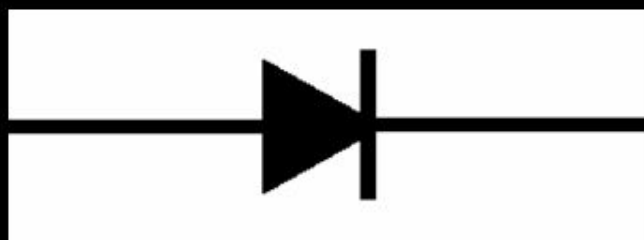




10M Ω



1 M Ω

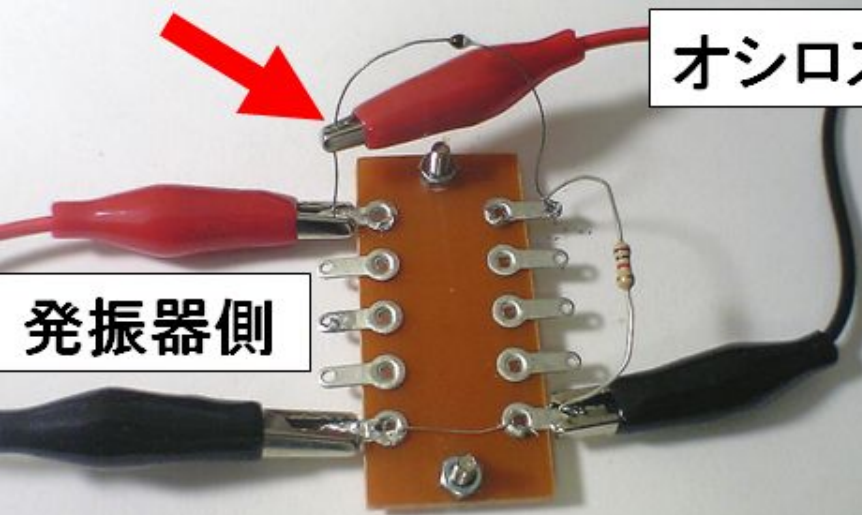


ダイオードは、電流の向きで抵抗値が10倍近く異なる。

高級なダイオードほど抵抗差が大きい。

実習用のダイオードは、最も安い製品（1個 5 円）。

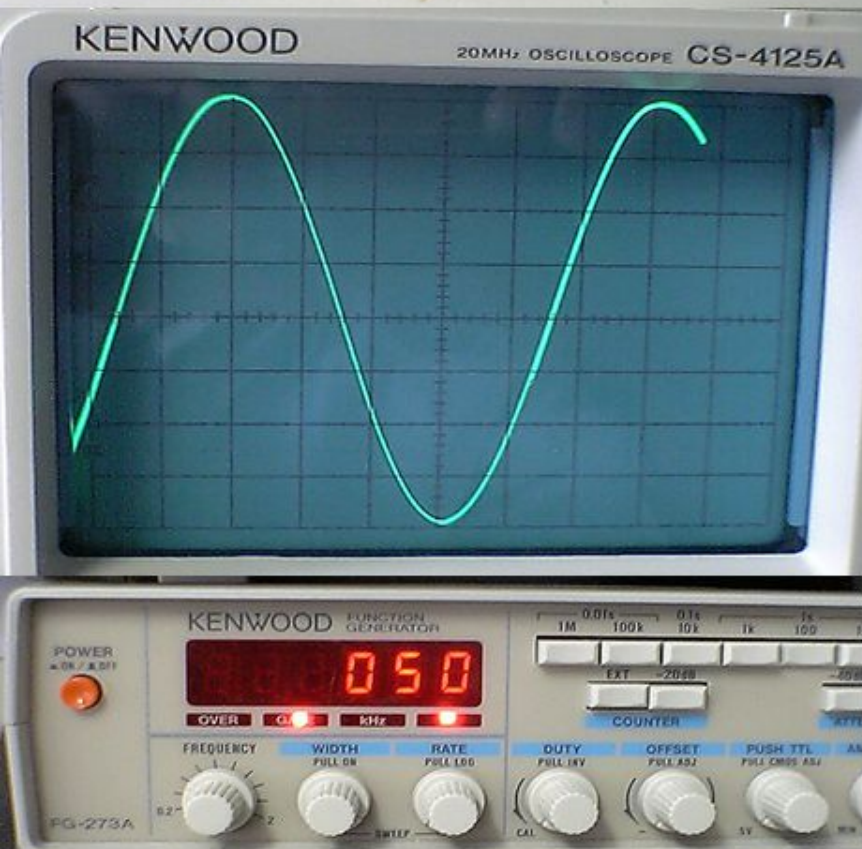
このダイオードは、黒電極から白電極に電流を一方方向に流すことを理解して下さい。



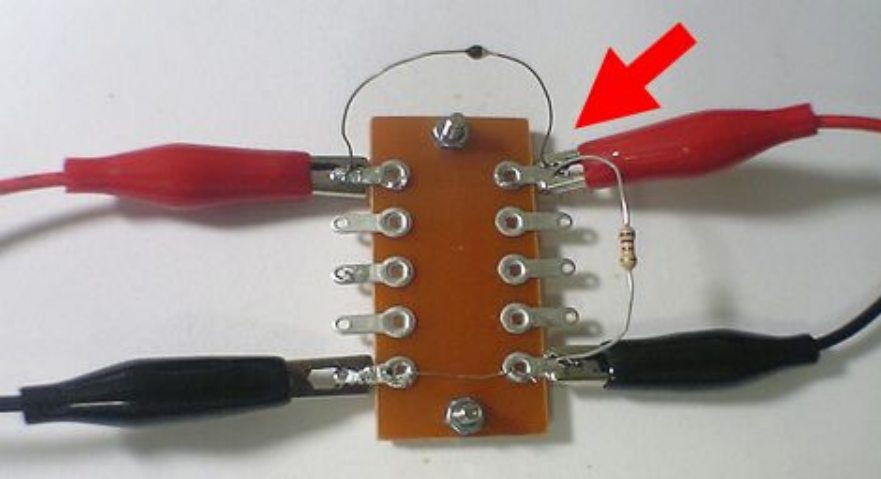
オシロスコープ側

発振器側

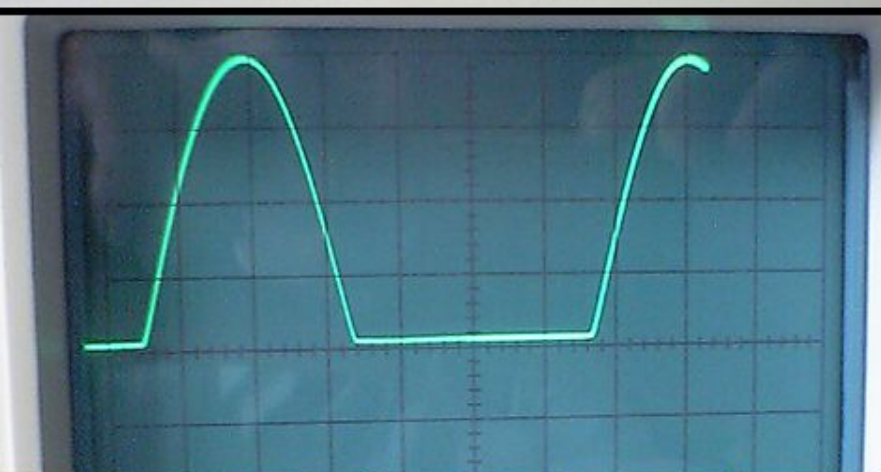
発振器の周波数を 50 Hz に設定。
(商用交流と同じ周波数に設定。)



まず、ダイオードを介さない信号を
オシロスコープで観察し、
振幅を 4cm に調節。



ダイオードを通過した信号を
オシロスコープで観察する。



その際、CH1 の AC DC レバー
を DC 側に設定する。
(直流信号測定モード)



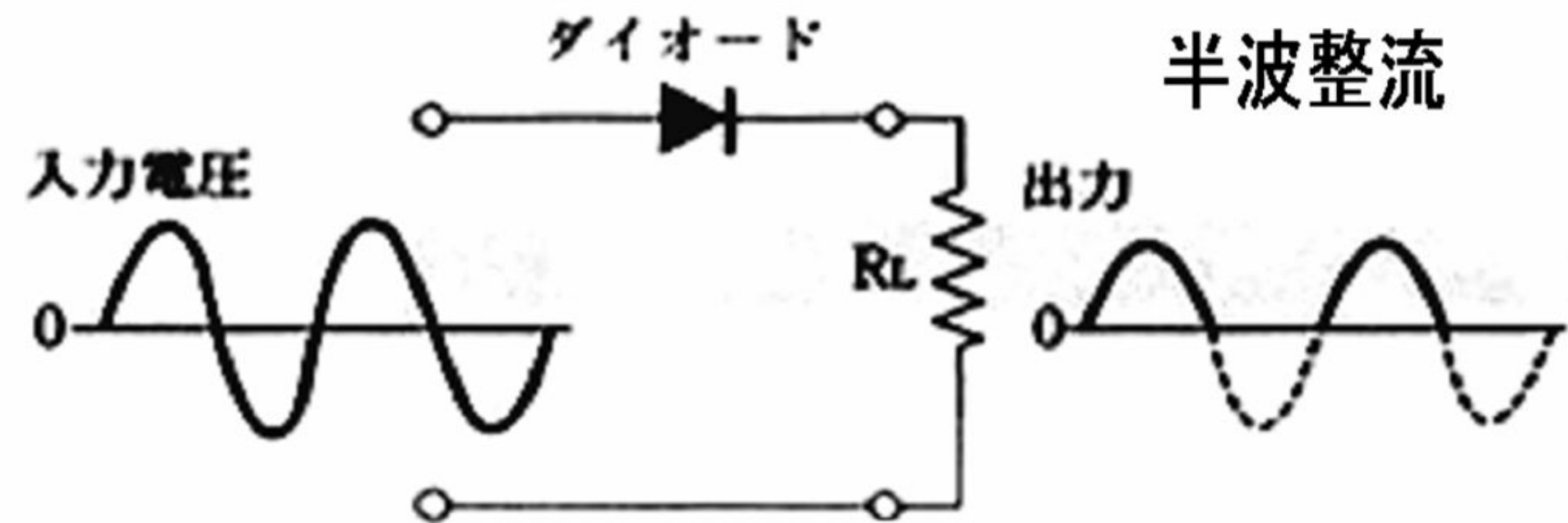
正弦波のマイナス成分が除去され、
ダイオードによって半波整流が
行われることを確認して下さい。

その振幅を 4cm に調節して下さい。

オシロスコープで測定される信号は、 $1\text{k}\Omega$ の抵抗に発生する電圧を観察している。

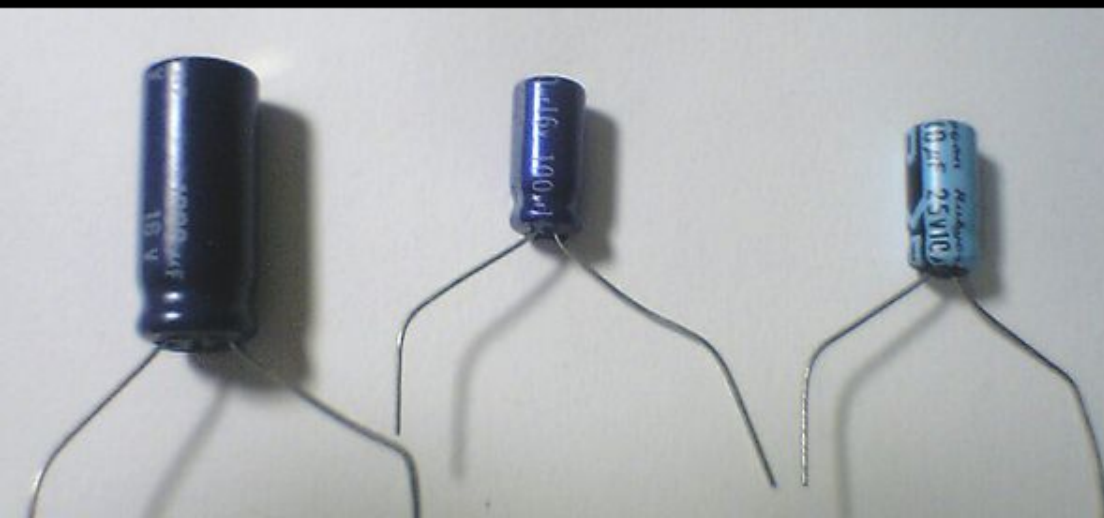
この抵抗がないと、発生する電圧は、ダイオードや発振器、オシロスコープの内部抵抗で発生する電圧が測定され、不安定な波形になる。

興味のある人は、抵抗器を外した状態での波形を観察してください。



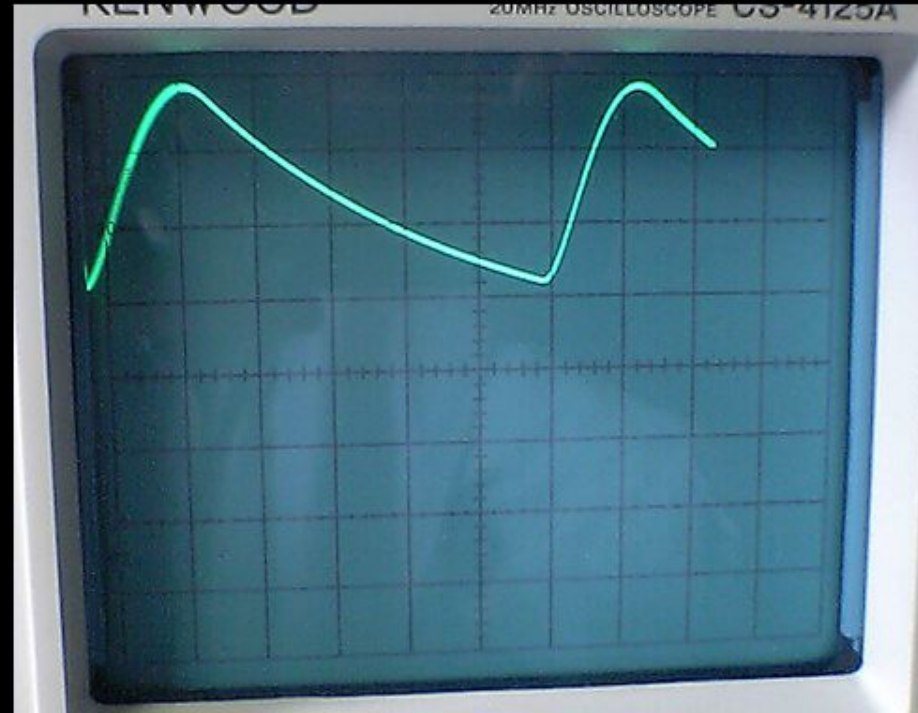
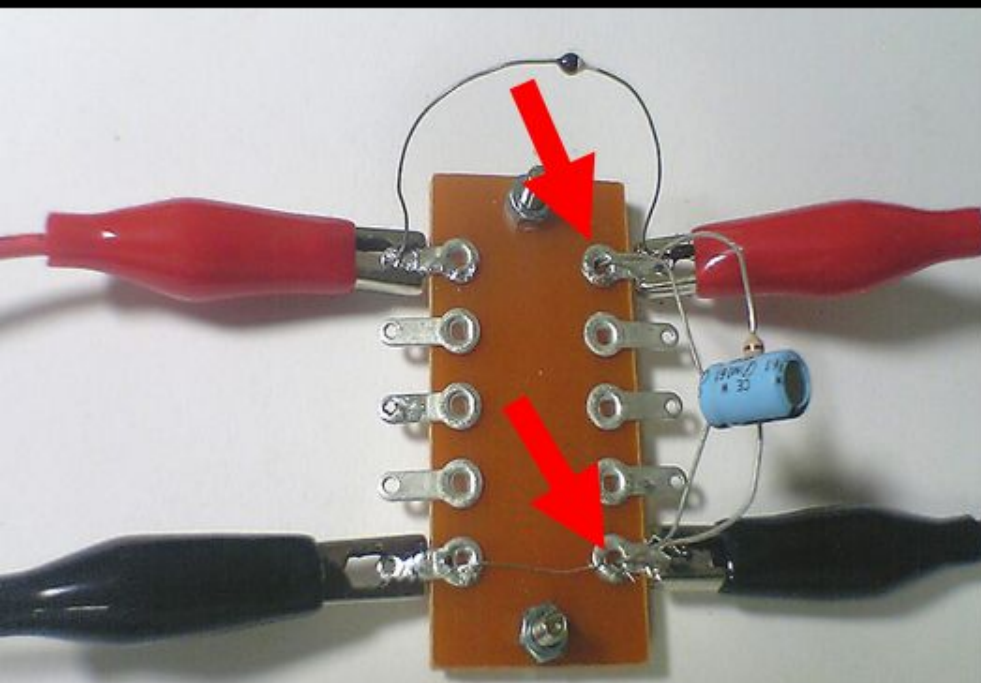
実験 2 コンデンサによる平滑回路

円筒状の電解コンデンサ $10\mu\text{F}$ を 2個、
 $100\mu\text{F}$ を 1個、 $1000\mu\text{F}$ を 1個 用意する。(1個 40円)
電解コンデンサは、2枚の金属箔の間に
電解液を染み込ませた紙をはさんで筒状に巻いたもの。
電解液に電荷が多量に蓄積されるので、
小型でも大容量のコンデンサになる。端子に極性がある。
(マイナス端子が表示されている。足が短い方がマイナス。)



この実験では、弱い電圧
しか扱わないので
逆につないでも
コンデンサが壊れることは
ない。

半波整流回路の抵抗と並列になるように、
10 μ F のコンデンサを入れる。ハンダ付けは不要。
マイナス電極を、回路のマイナス側につなぐ。
コンデンサの足を少し広げて、ラグ板の端子穴にひっかける。
波形が平滑化される様子を観察し、
この脈流のリップル率を計算して下さい。



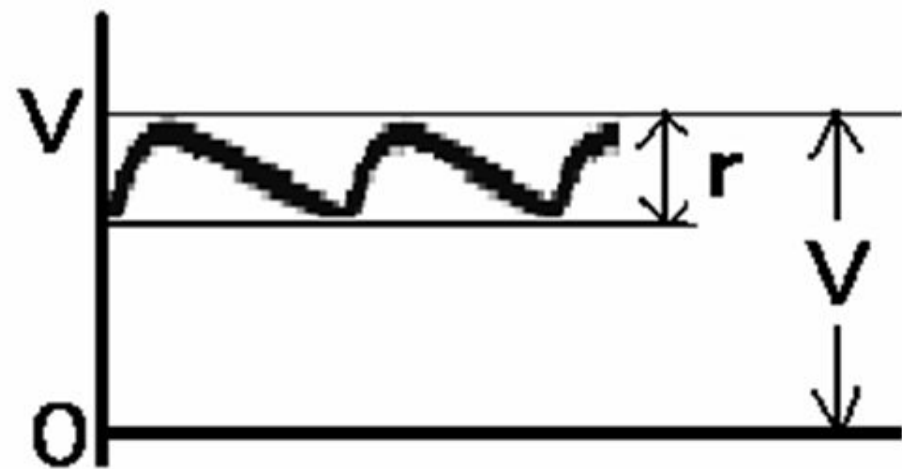
最も簡単な平滑化回路

コンデンサを電源回路に並列接続する。

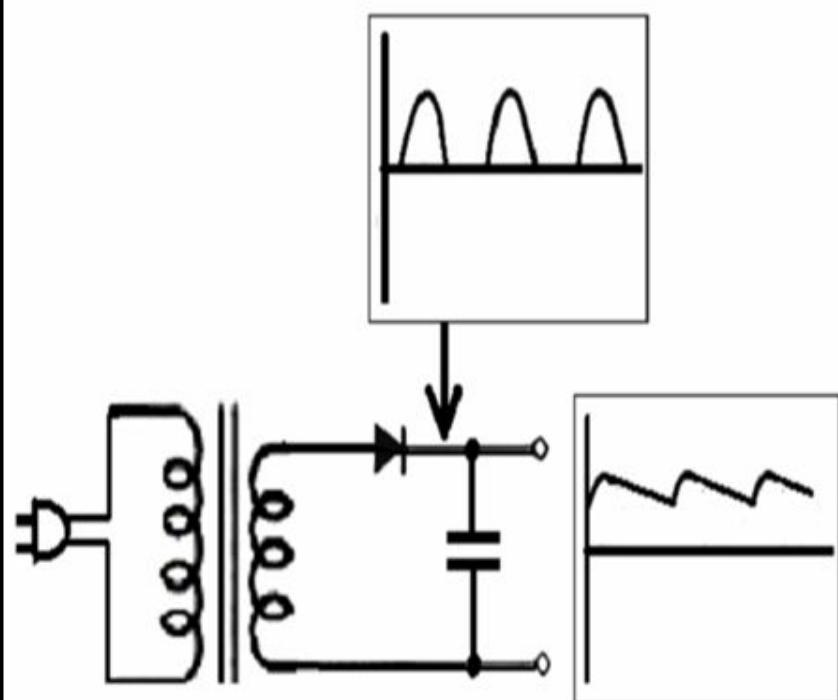
コンデンサは電荷を蓄えるので、電圧が低いときは放電して、リップル成分による電圧の変動が減衰する。

リップル率 = リップル電圧(r) / 定格電圧(V)

ripple 【名】 さざ波、小波

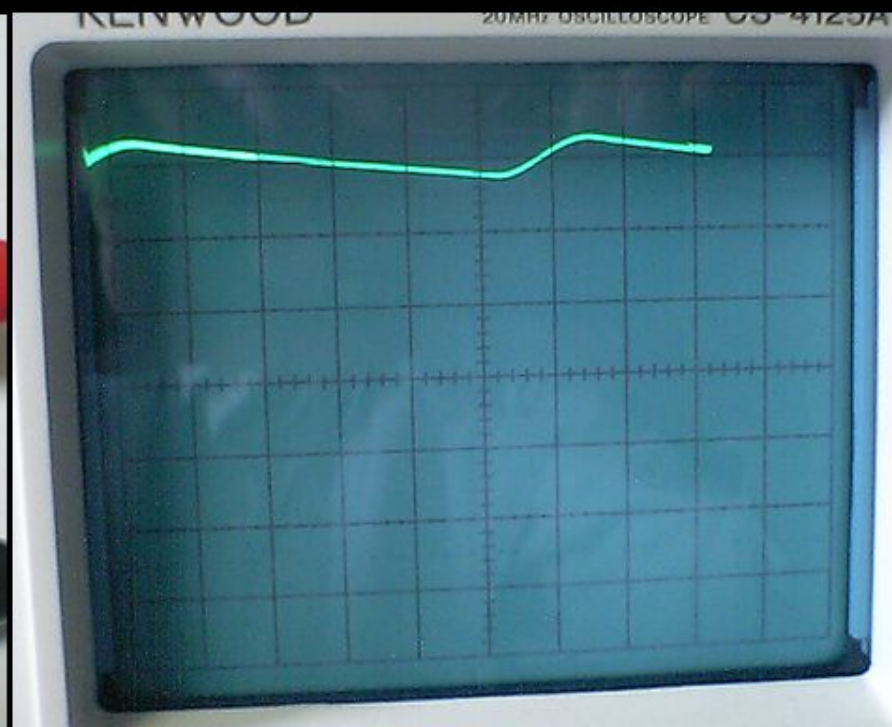
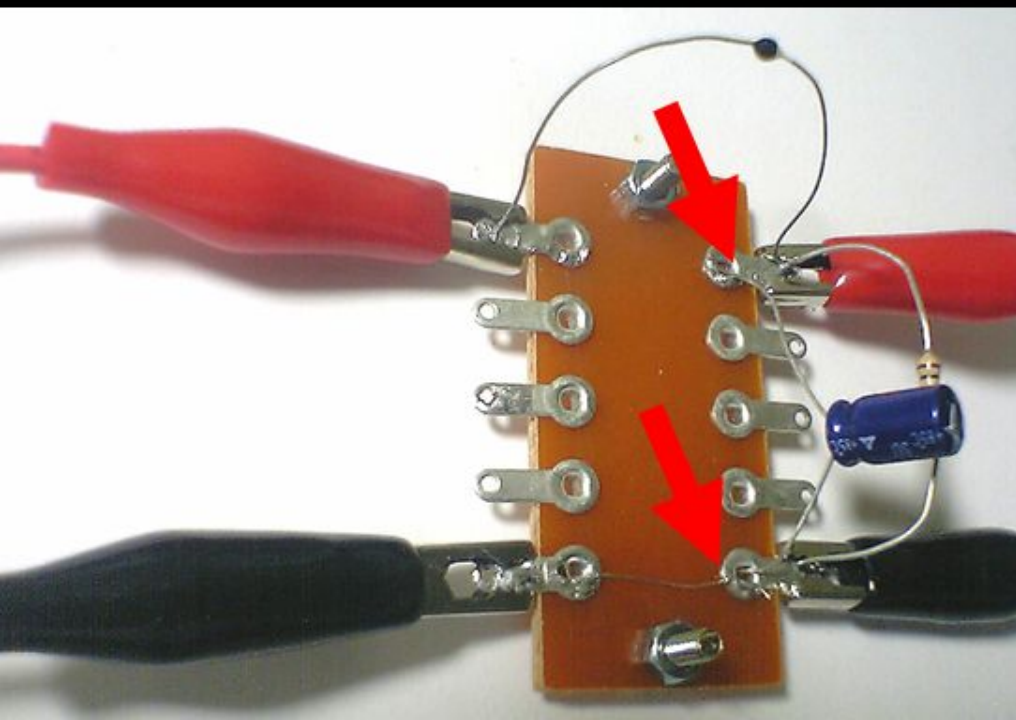


$$\text{リップル率} = \frac{r}{V} \times 100 (\%)$$



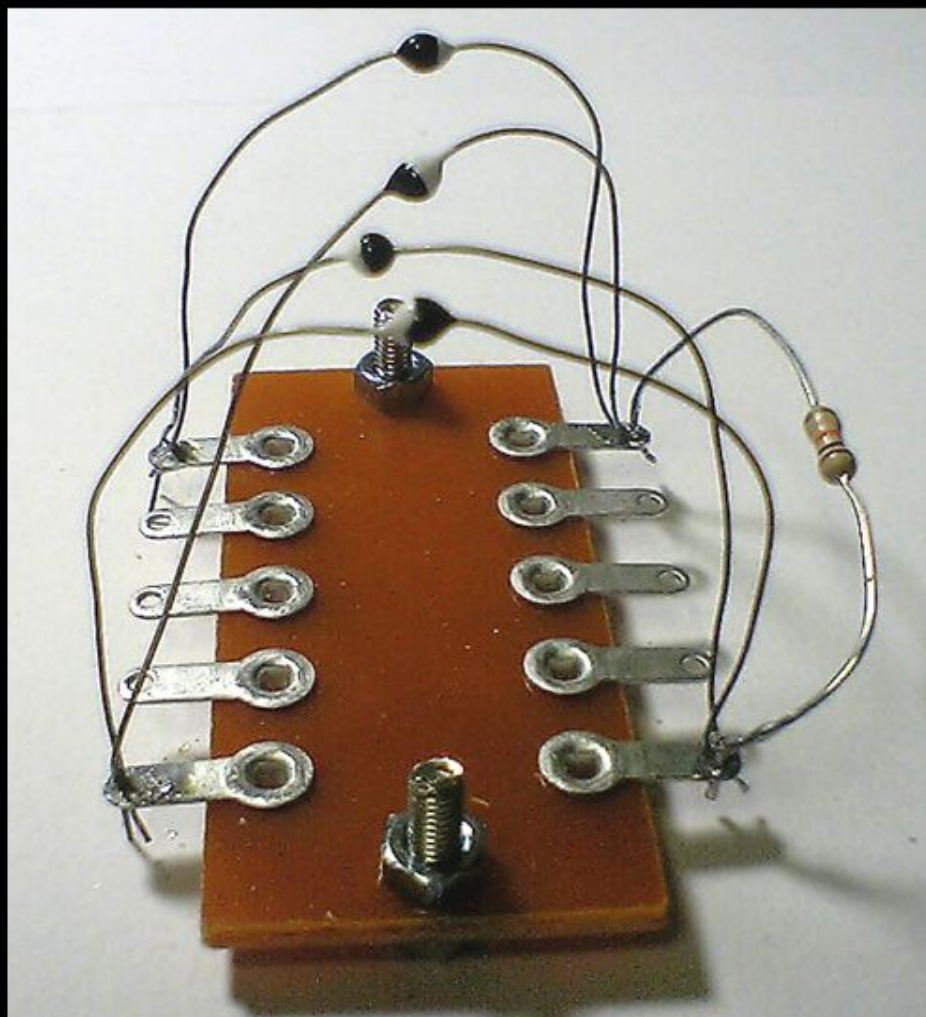
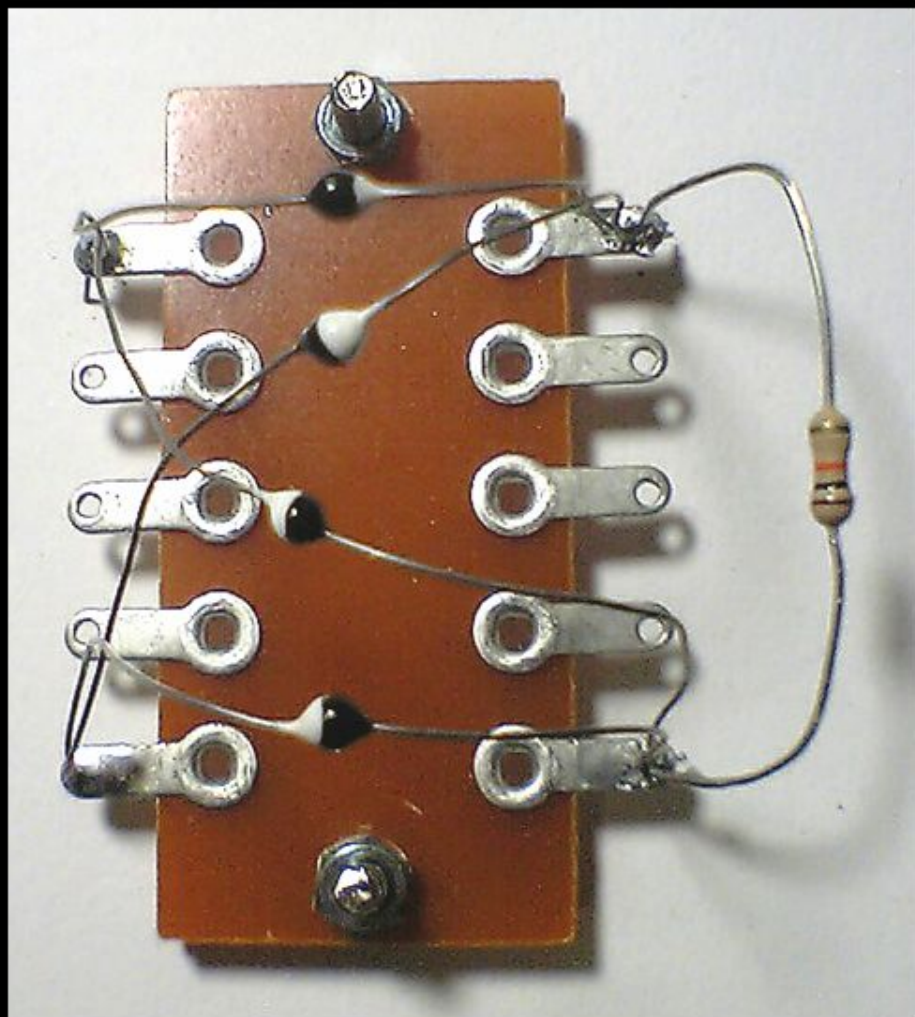
100 μ F のコンデンサを、抵抗に並列接続して、
脈流のリップル率を計算する。

平滑化コンデンサ 10 μ F 1個の場合に比べ、
リップル率が 1 / 10 程度に改善されることを確認して下さい。

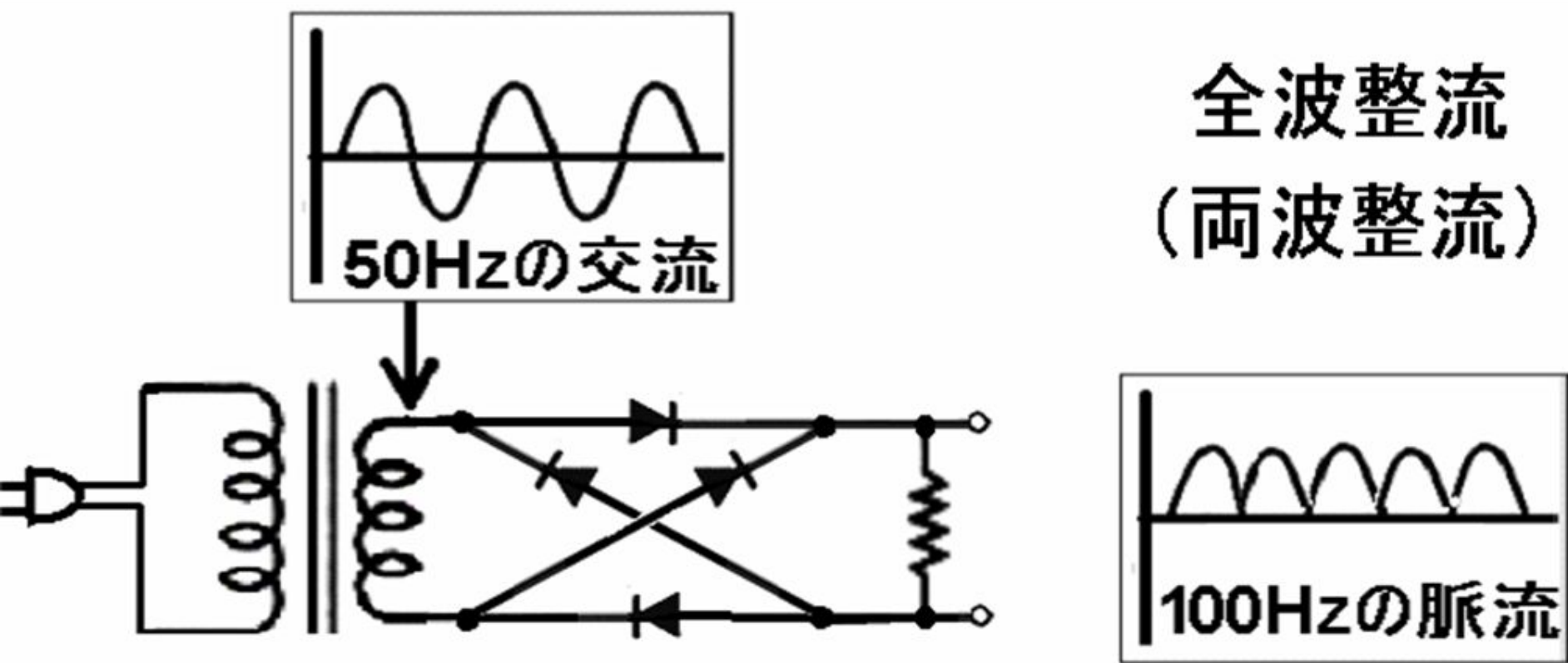


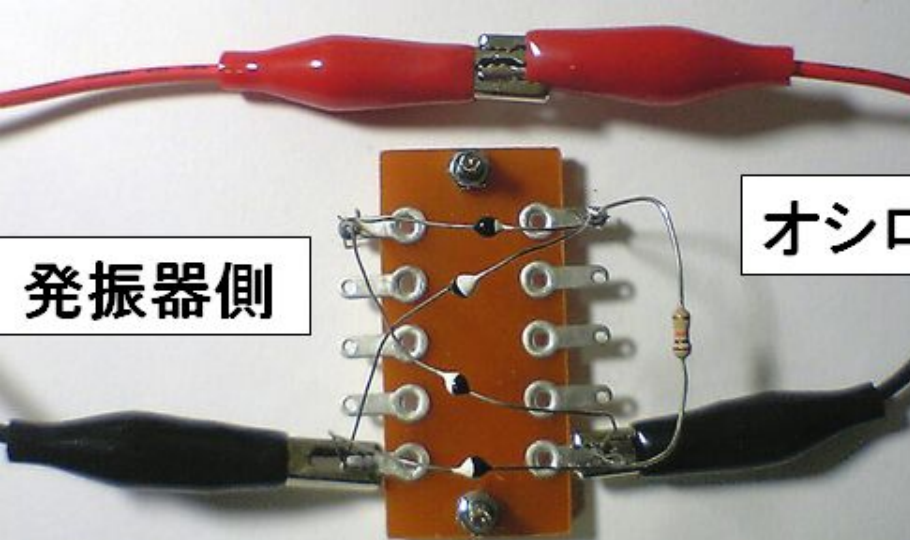
実験 3 全波整流

ラグ板に、ダイオード 4 個と $1\text{k}\Omega$ の抵抗をハンダ付けする。
ブリッジ整流回路を作成。ダイオードの極性に注意する。



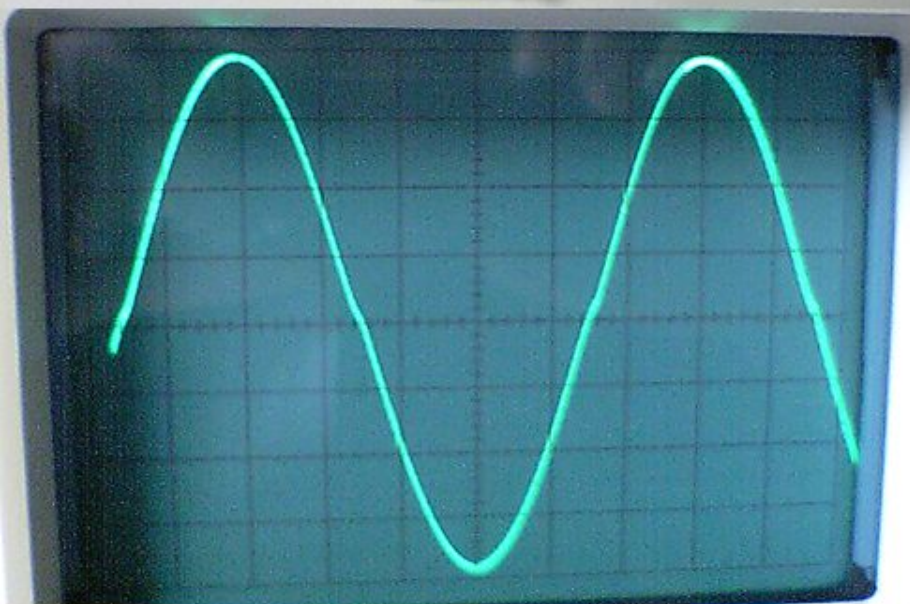
半波整流による脈流は、
交流電力の半分を捨てているので効率が悪い欠点をもつ。
ダイオードを4個ブリッジ状につないだ回路(ブリッジ回路)
による整流(ブリッジ整流)は、交流のマイナス成分をプラス
に折り返した脈流を出力するので、両波(全波)整流になる。





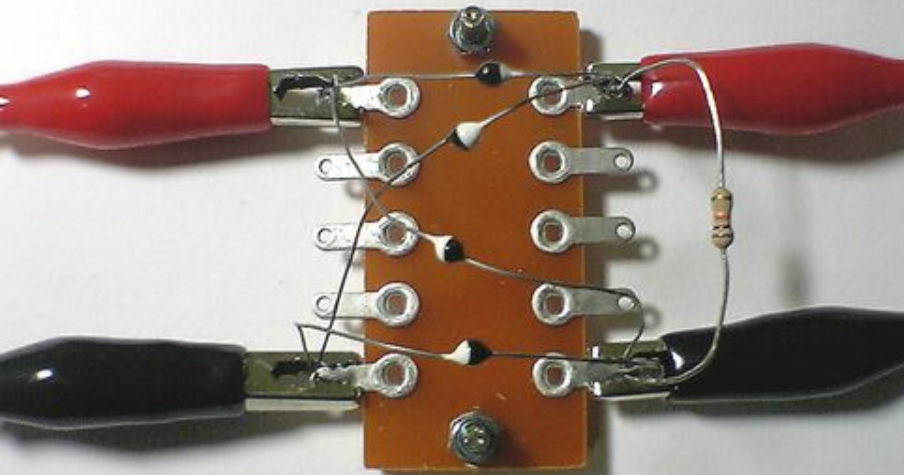
オシロスコープ側

発振器側

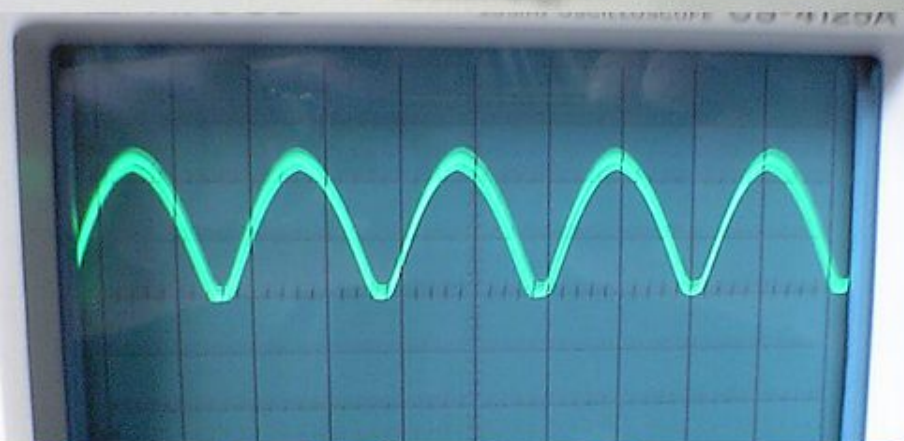


発振器の周波数を 50 Hz に設定。
(商用交流と同じ周波数に設定。)

まず、ダイオードを介さない信号を
オシロスコープで観察し、
振幅を 4cm に調節。



ダイオードを通過した信号を
オシロスコープで観察する。



その際、CH1 の AC DC レバー
を DC 側に設定する。

(直流信号測定モード)



正弦波のマイナス成分が除去され、
ダイオードによって全波整流が
行われることを確認して下さい。

その振幅を 4cm に調節して下さい。

実験 4 電磁誘導、トランスの実験

2個のコイル(インダクタンス)に
電磁誘導を介して、交流電圧信号が伝わることを
確認する。トランスの原理を理解する。



電磁誘導 electromagnetic induction

電線を通る電流に変化がない場合は
電界と磁界は無関係。(定常状態)

電線を通る電流に変化がある場合は
電界と磁界は相互作用する。(非定常状態)

電界が変化すると磁界を発生し、
磁界が変化すると電界を発生する。

(電磁誘導)

inductance 【名】

誘導係数（電磁誘導を生じる程度、大きさ）、
インダクタンス（＝誘導子（コイル））

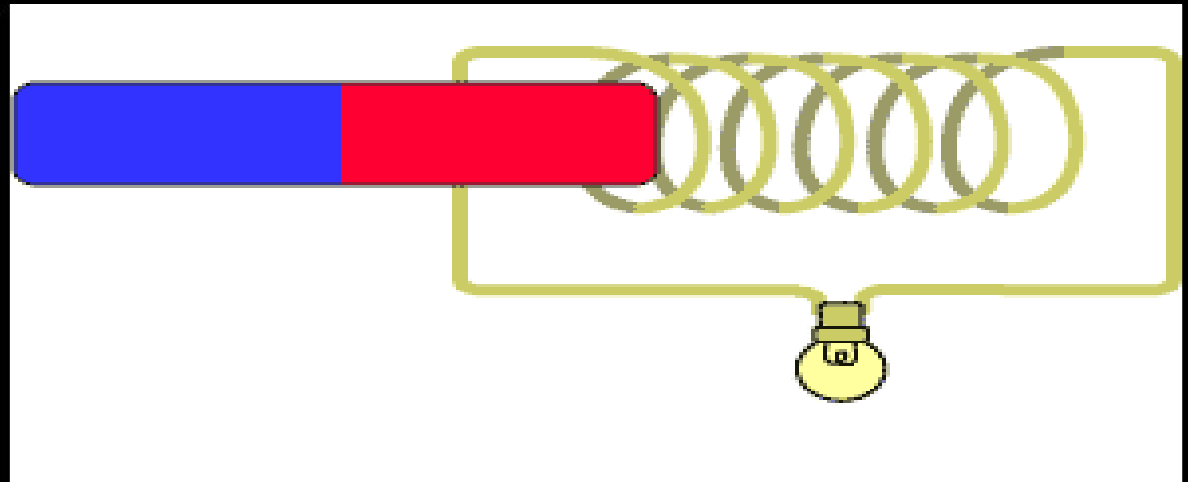
コイルの電氣的な本質はインダクタンスなので、
電気回路学では、コイルをインダクタンスと呼ぶ。

電磁誘導 electromagnetic induction

コイルの中で磁石を動かすと電圧が生じる。
コイルの電流が変化すると磁界が生じ電圧が発生する。

induction 【名】

誘導、誘発



電磁誘導 electro-magnetic induction

なぜ、インダクタンス(コイル)に流れる電流が変化すると、コイル内部の磁界が変化するのか。

理由は、**自然(the Universe)は変化を嫌う**ため。
universe【名】[the ~/the U~] (存在するすべてのものとしての)宇宙, 森羅(しんら)万象.

レンツの法則 Lenz's law

電流が変化しないように、コイルは導線の周囲に磁界を発生させる。

右ねじの法則で示す方向に、電流の変化を止める方向にコイル自らが、新たな逆向きの電流を発生させるため。

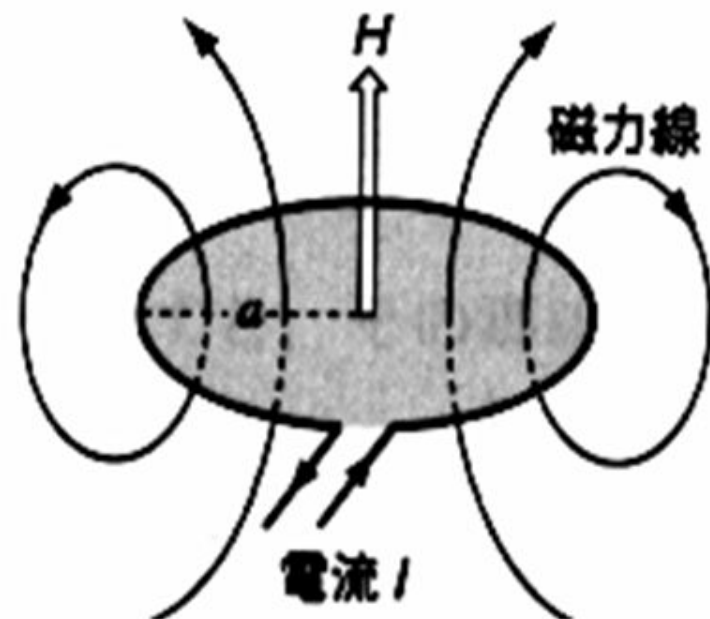
磁界が変化したときも、同じ理由で電流、電圧が発生する

磁界（磁場） Magnetic field

右ねじの法則によって、コイルに電流が流れると
コイル内部に**磁力線の束（磁束）**が通り、
磁界が発生する（電磁石）。

磁界の強さ（電磁石の強さ）は
電流の大きさに比例する。
コイルの巻き数に比例する。

図 2-17 円形電流による磁場



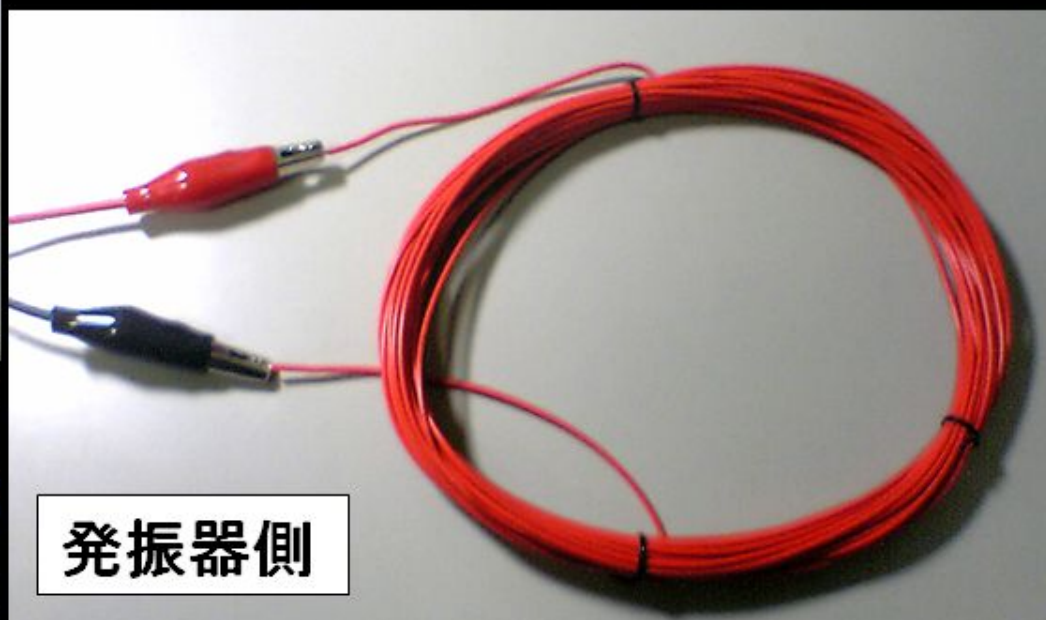
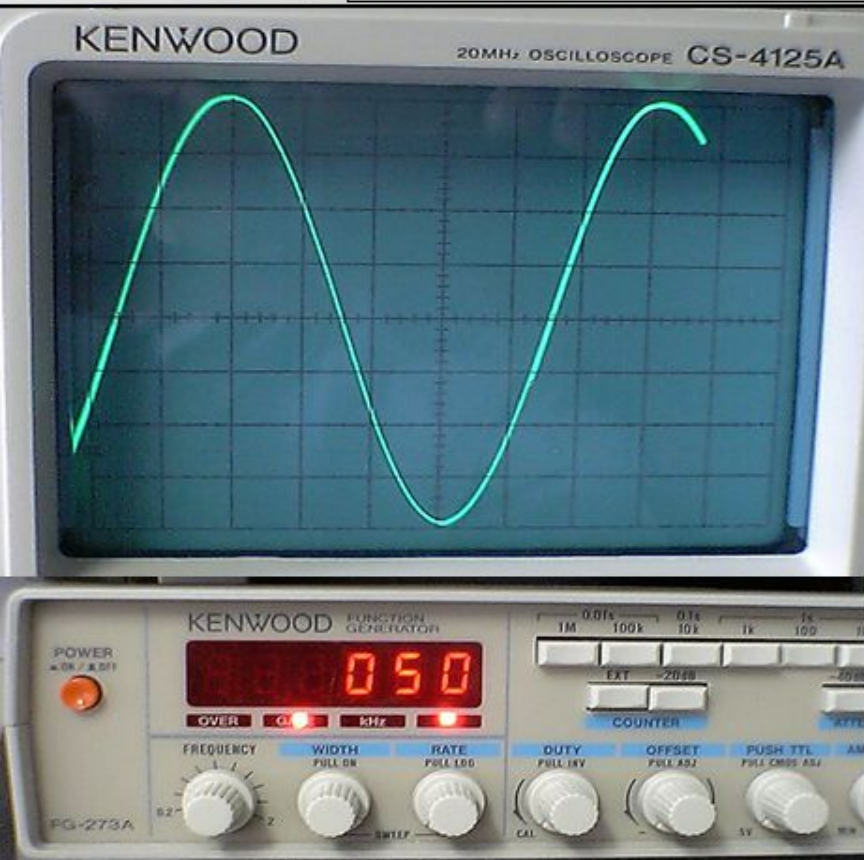


発振器の周波数を 50 Hz に設定。
(商用交流と同じ周波数に設定。)

まず、信号を直接オシロスコープにつなぎ、振幅を 4cm に調節。

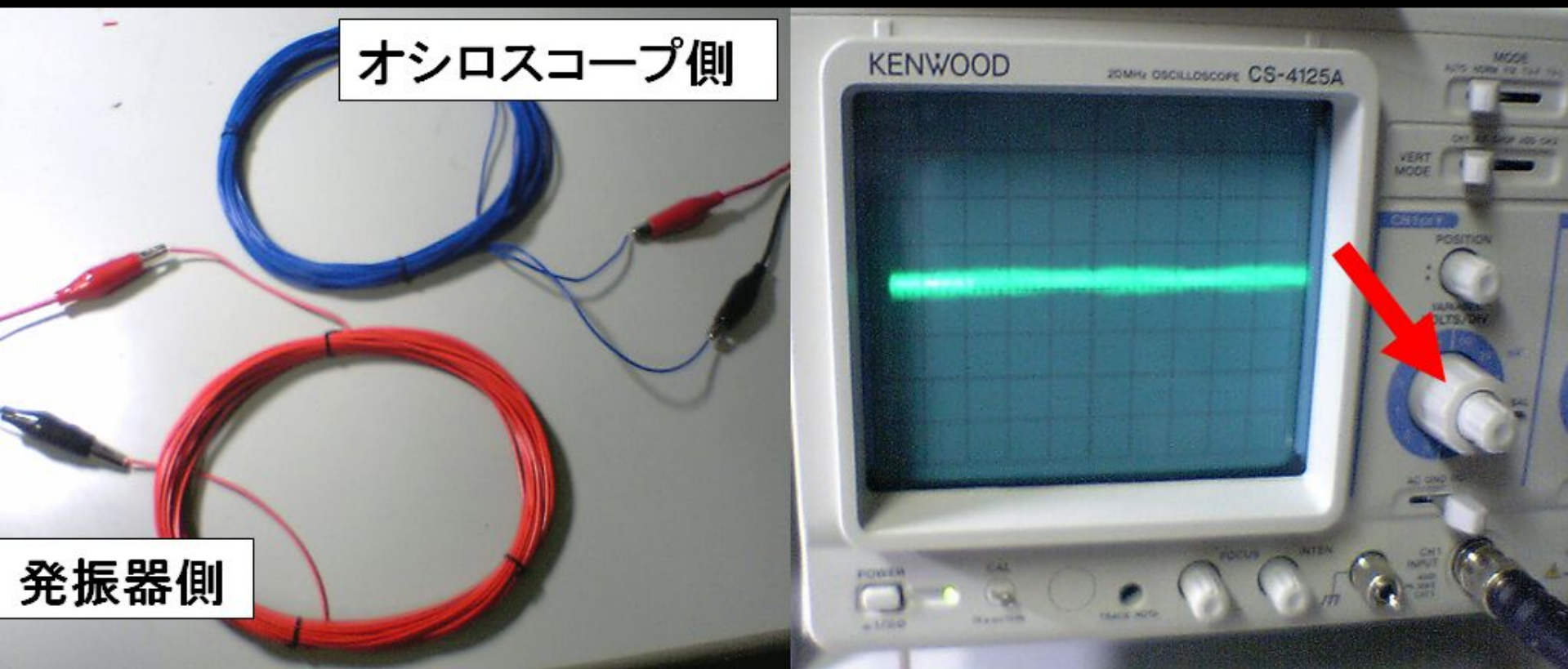
次に、発信器の信号を
インダクタンス(10mの電線を巻いた
コイル) に接続する。

発振器側 オシロスコープ側



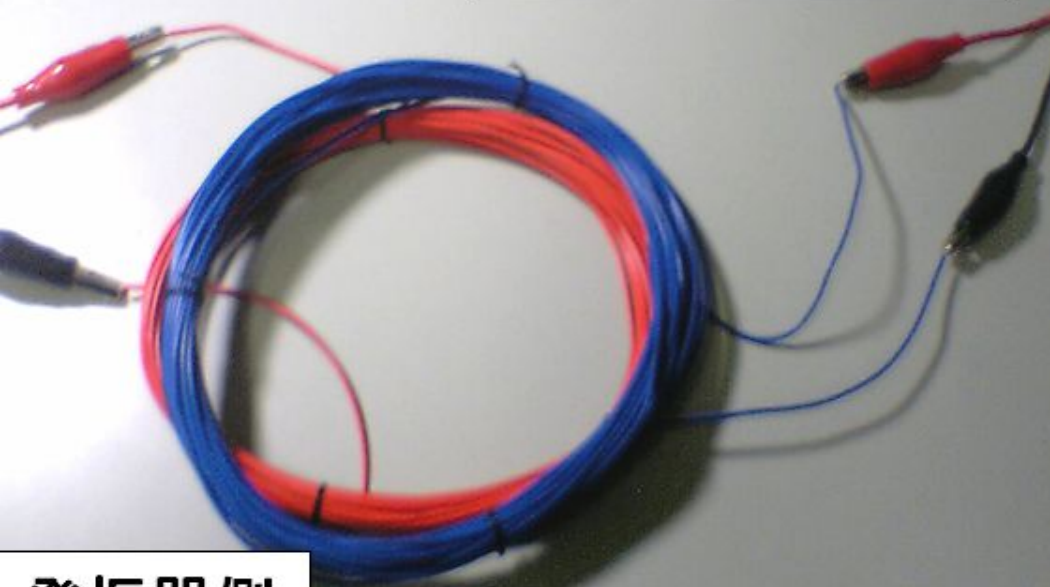
発振器側

オシロスコープ側の端子にも、インダクタンスを接続する。
2個のインダクタンスが重なっていない状態で、
波形を観察する。 信号電圧が低いので、オシロスコープの
振幅調整つまみを低電圧測定側に回す。
ほとんど交流信号が検出されないことを確認する。

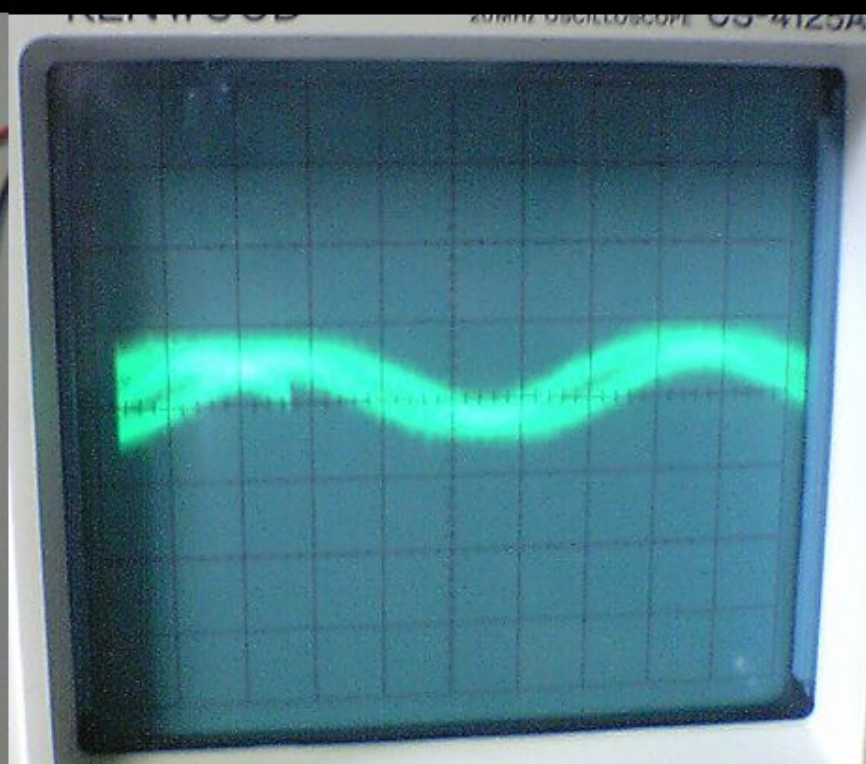


2個のインダクタンスを重ねると、
50Hzの波形が出現することを確認する。
電磁波の存在、電磁誘導の現象を理解してください。
インダクタンスの重ね具合を調整すると
波形の振幅が変化することを確認する。

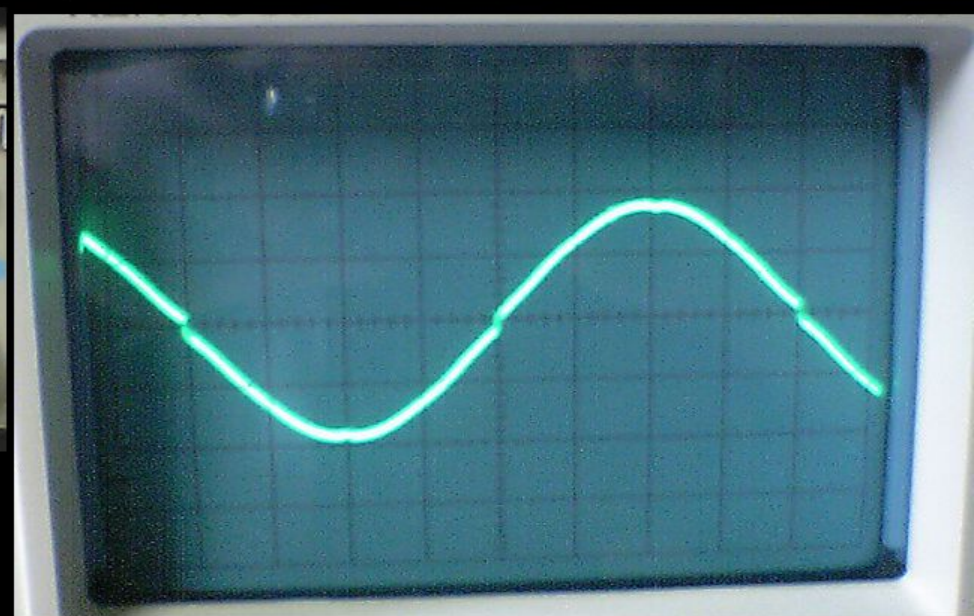
オシロスコープ側



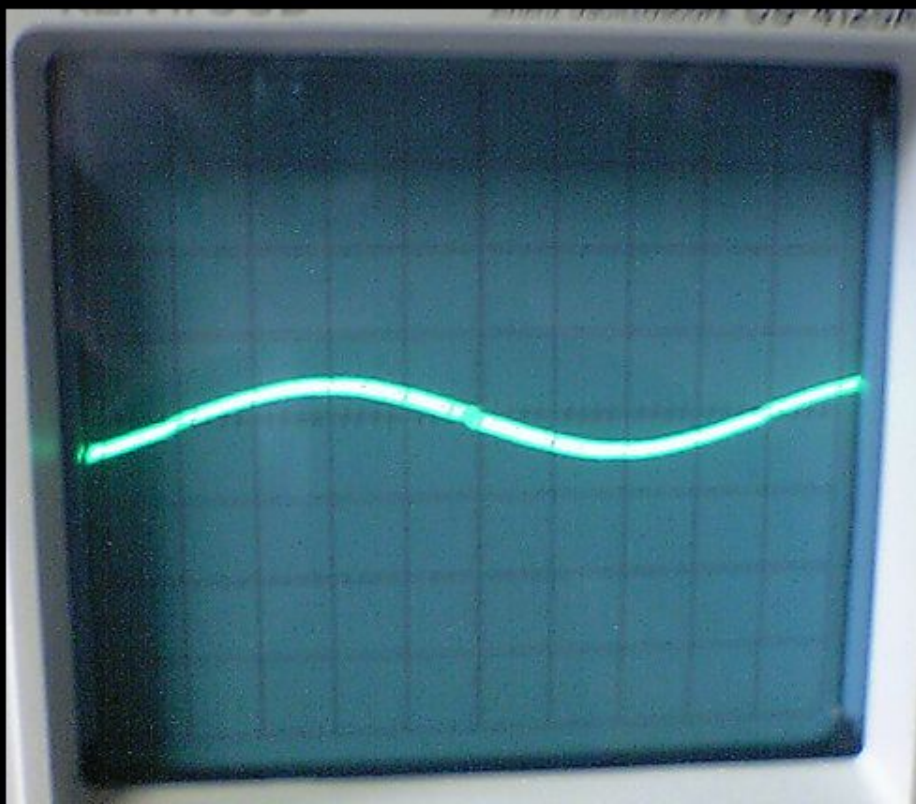
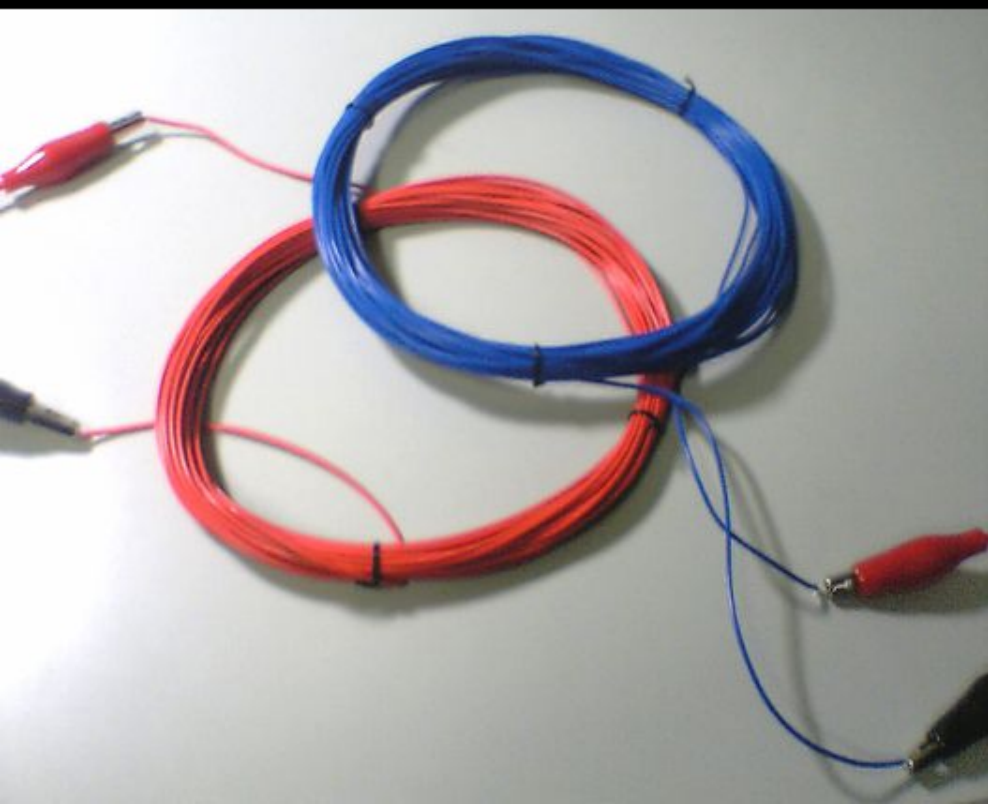
発振器側



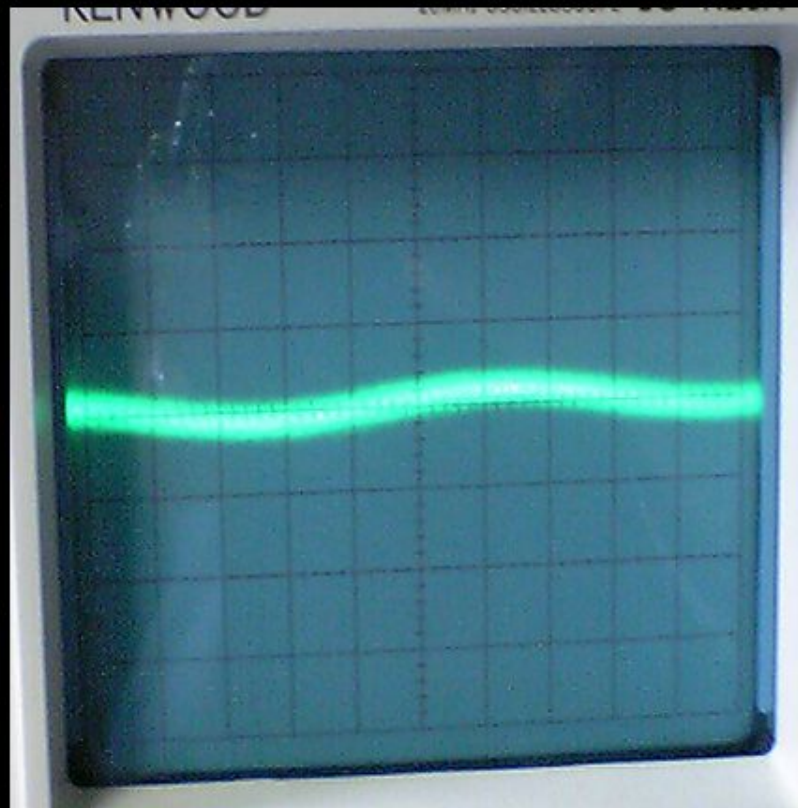
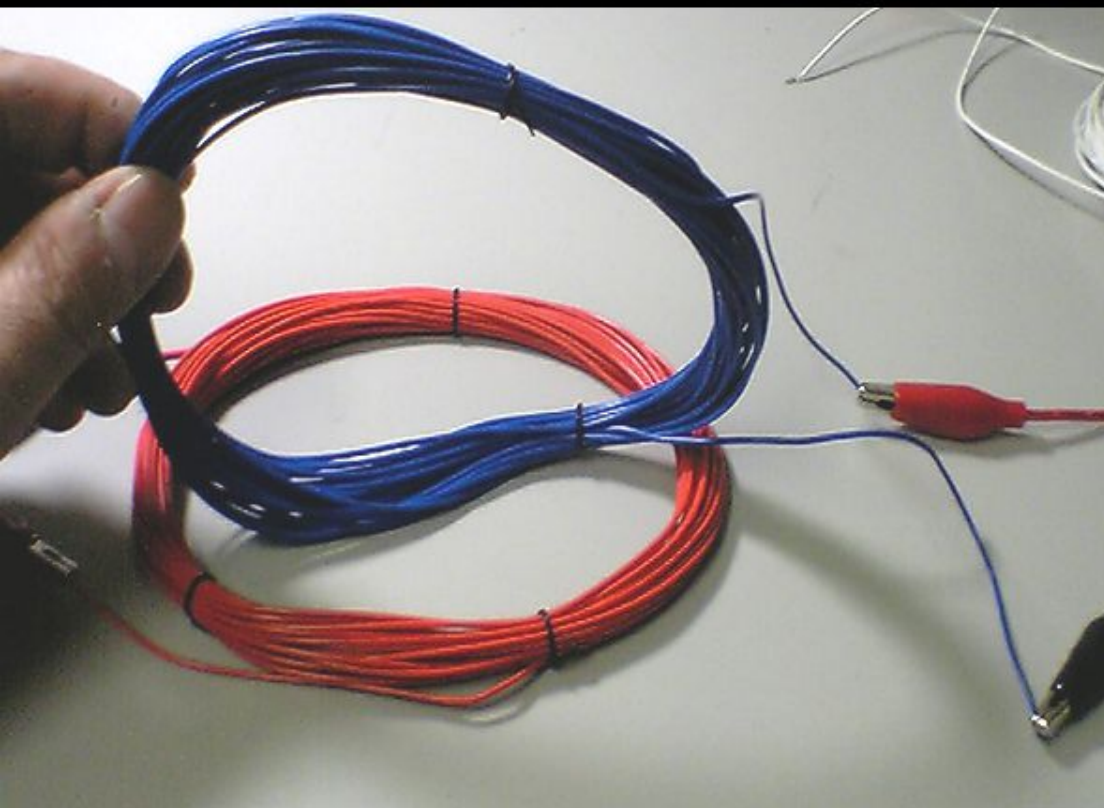
発振器の周波数を上げると、電磁誘導による交流信号の伝わる能率が上がることを確認する。
逆に、周波数を下げると、交流信号が伝わりにくくなることを確認し、理由を考えてください。
発振器の周波数を 1 kHz 以上に上げる。
オシロスコープで観察される波形が明瞭になり
振幅が増加することを確認する。



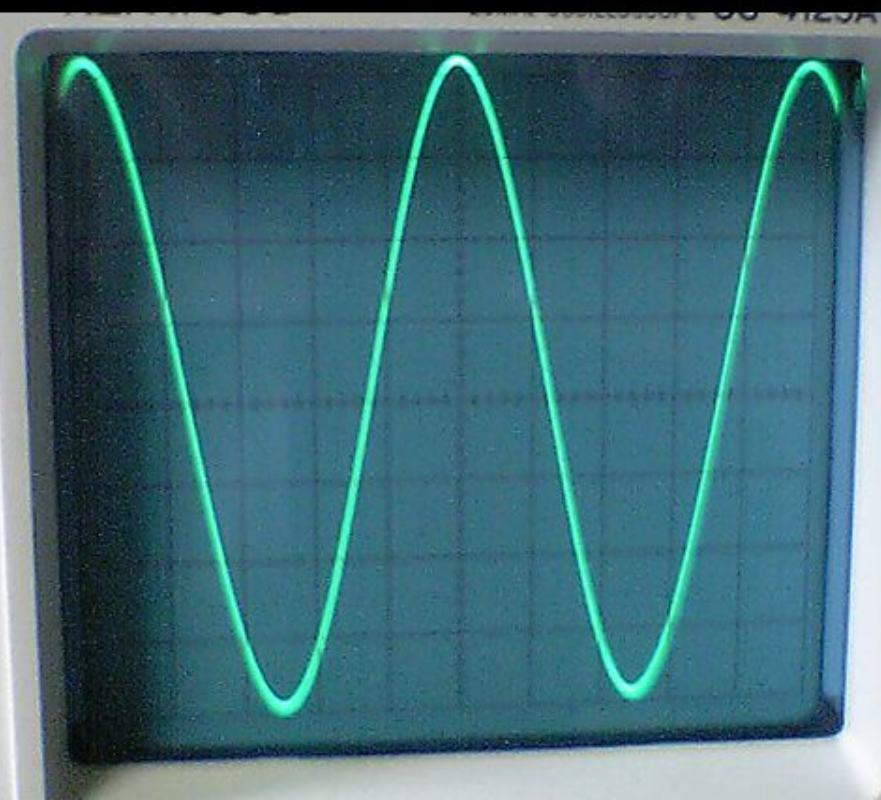
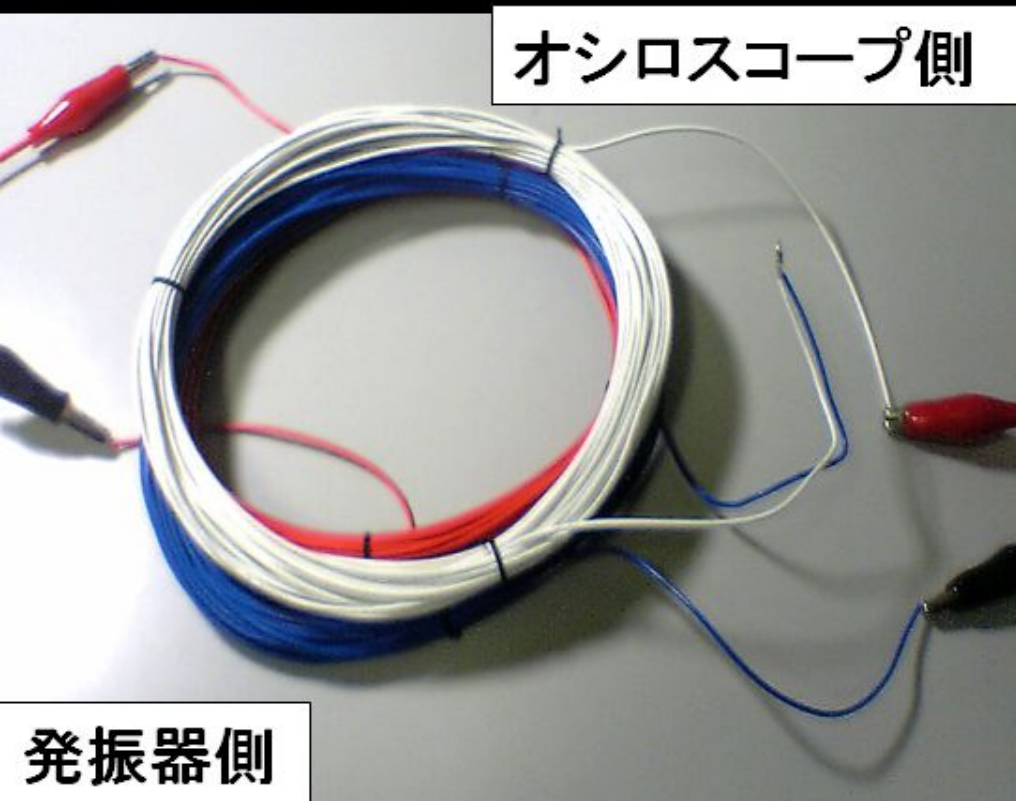
インダクタンスの重なり具合を減らすと
波形の振幅が減少することを確認して下さい。
2個のインダクタンスの位置で、オシロスコープ側の
インダクタンスが受ける電磁波量が変化し、電磁誘導に
よる起電力が変化することを理解してください



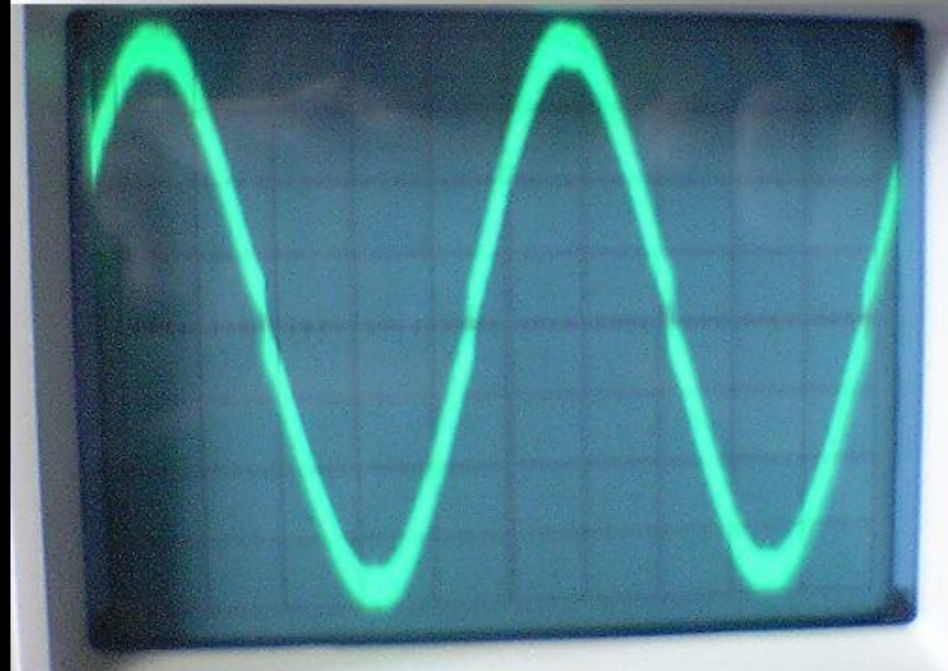
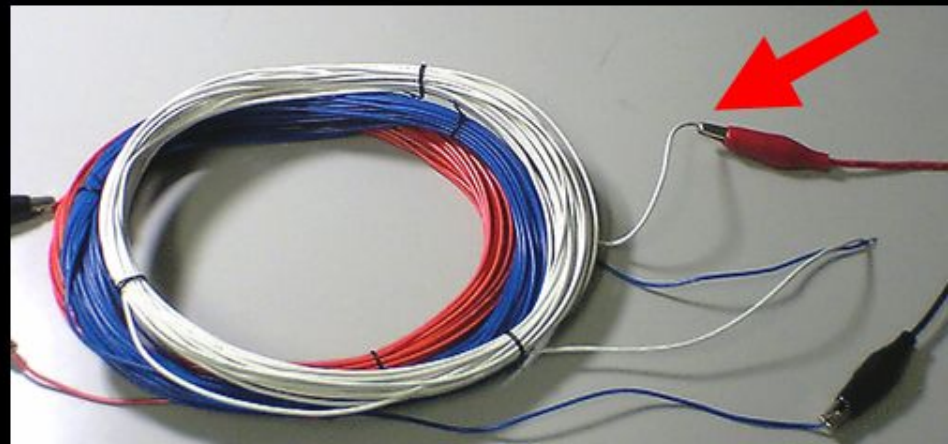
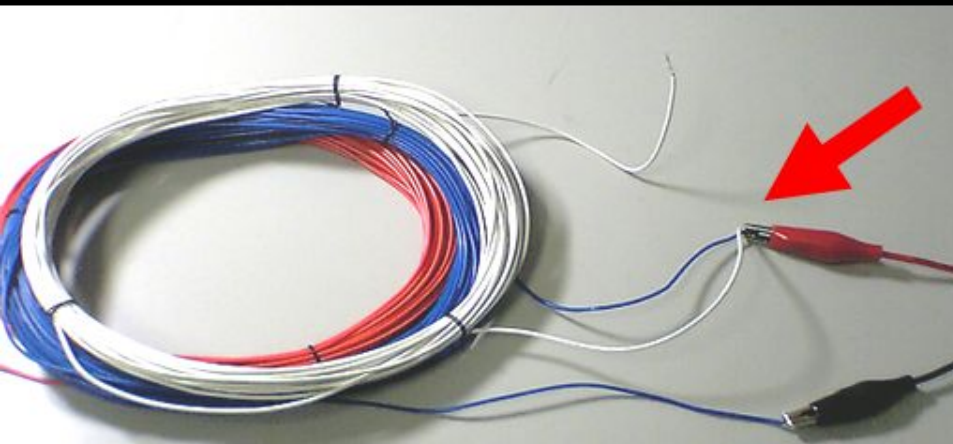
オシロスコープ側のインダクタンスを 垂直に立てると
波形の振幅がほとんど消失することを確認して下さい。
インダクタンスの位置、角度を変化させて振幅を観察し、
発振器側のインダクタンスから発生している電磁波の
向きや形状を推察して下さい。



オシロスコープ側のインダクタンスの巻き数を倍にする。
オシロスコープ側に、インダクタンスを1個追加して
直列につなぐ。(線の巻かれた向きを揃えることに注意。)
(波形の振幅が小さくなった場合は、逆向きにつないでいる。
線をつなぎ変えなくても、インダクタンスを裏返せばよい。)



インダクタンスの巻き数が 2倍になると
出力電圧も 2倍に増加することを確認して下さい。



コイルの単位 : ヘンリー (H)

コイルに流れる電流が1秒間に1(A)変化したときに
コイルに発生した電圧が1(V)のとき、
コイルの(1巻き分の)インダクタンス L を1(H)とする。

インダクタンス L (誘導係数 Inductance)

コイルに流れる電流 I の1秒間の変化で、コイル内部の
磁界が変化し、コイルに交流電圧 V が発生するとき、

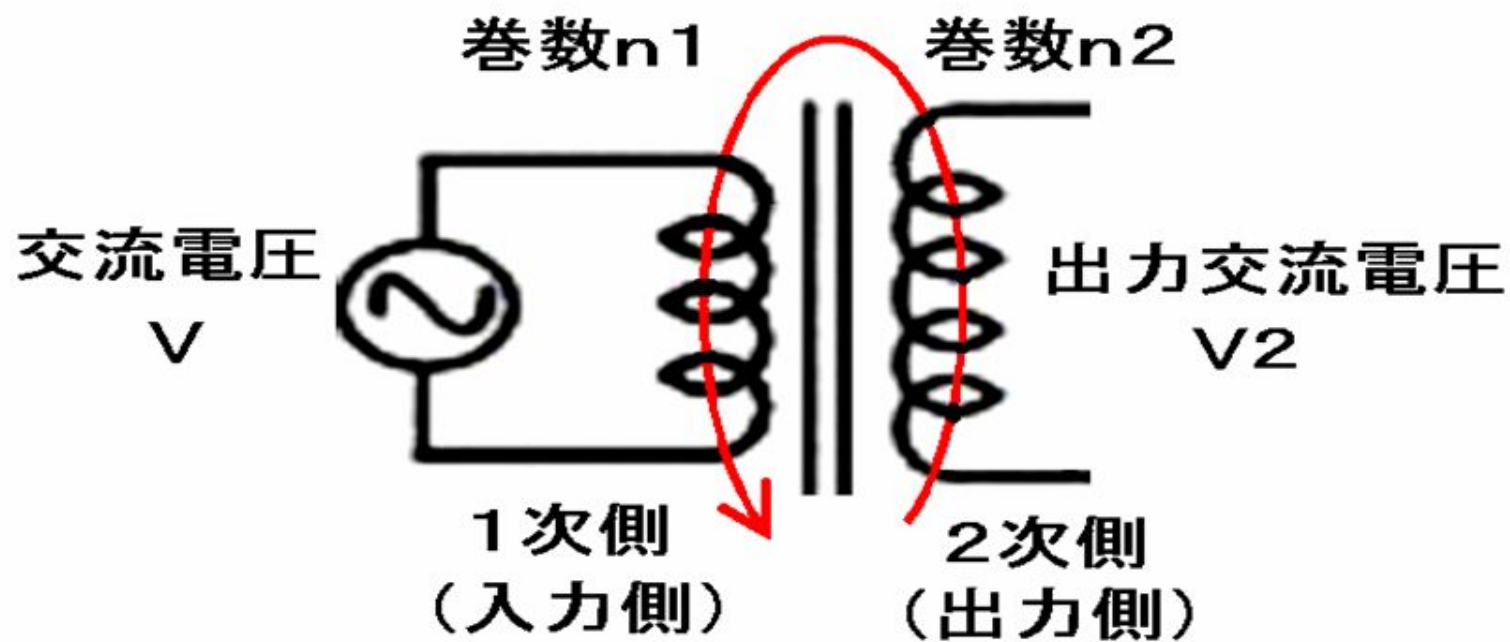
電圧(V) = $n L dI/dt$ (n は巻き数)

(= インダクタンス $\times$ 電流の1秒間の変化)

(L は、コイルの大きさや形状で決まる値。)

逆にコイルに交流電圧(V) が加えられた時の、

コイルに流れる電流の時間変化も、この式が成り立つ。



1次側コイルと2次側コイルの、インダクタンス L の比が(相互インダクタンス)出力電圧を決定する。

$$V = n_1 L \, dI/dt$$

$$V_2 = n_2 L \, dI/dt$$

したがって、出力電圧 $V_2 = n_2/n_1 \times V$
出力電圧は巻き数の比率 (巻線比) で決まる。