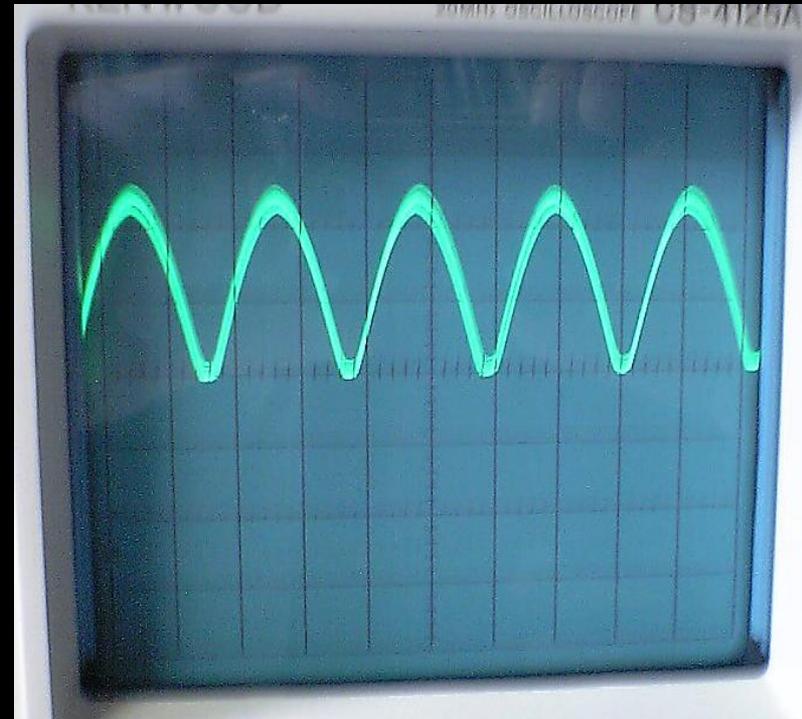
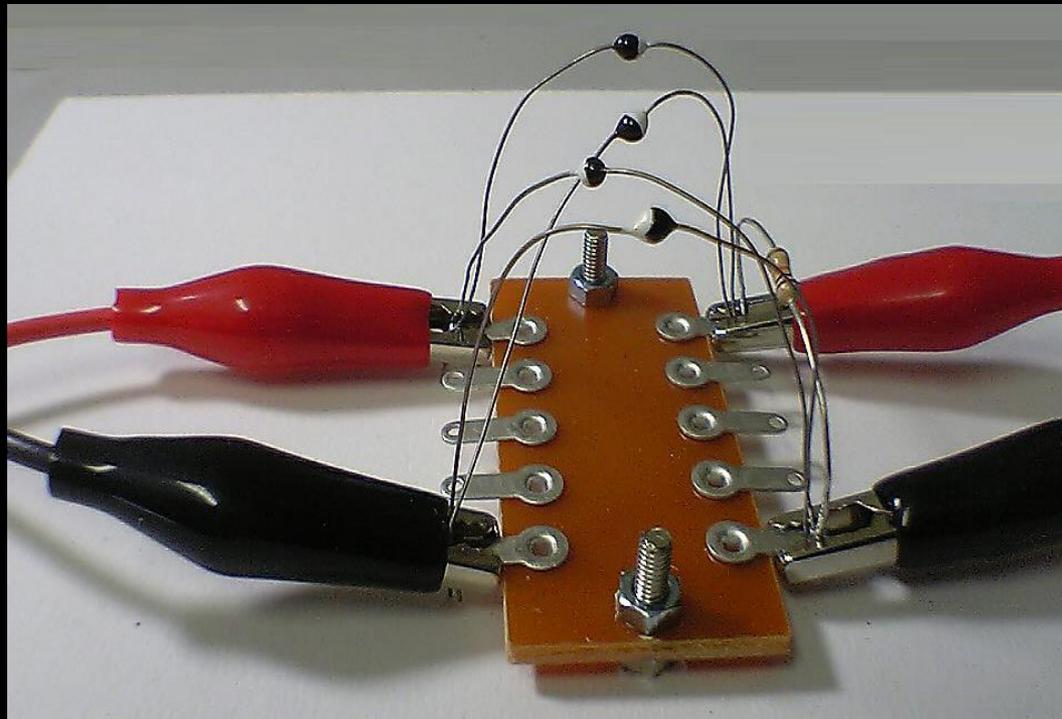


整流回路の実験

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。

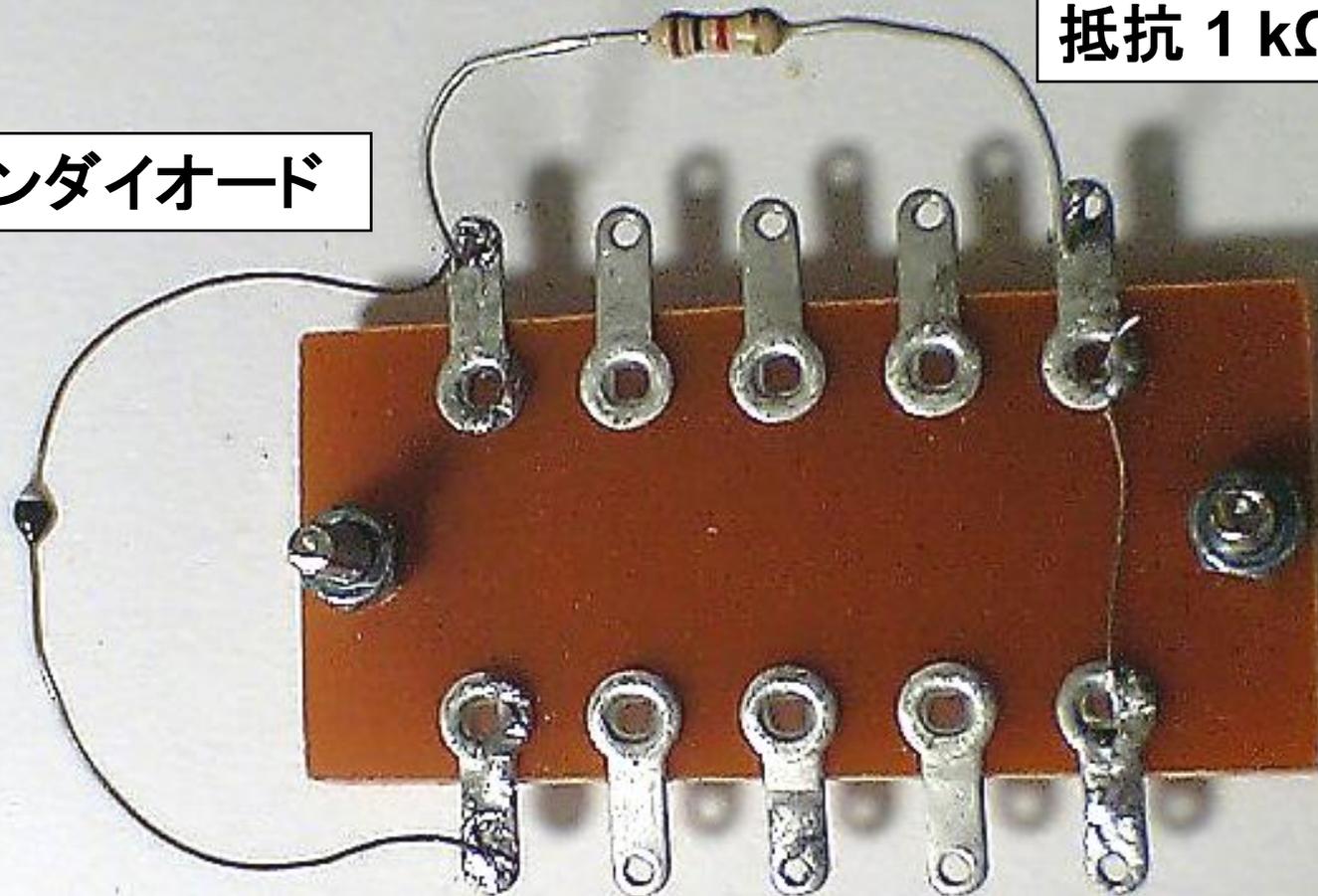


実験 1 半波整流

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。

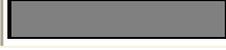
シリコンダイオード

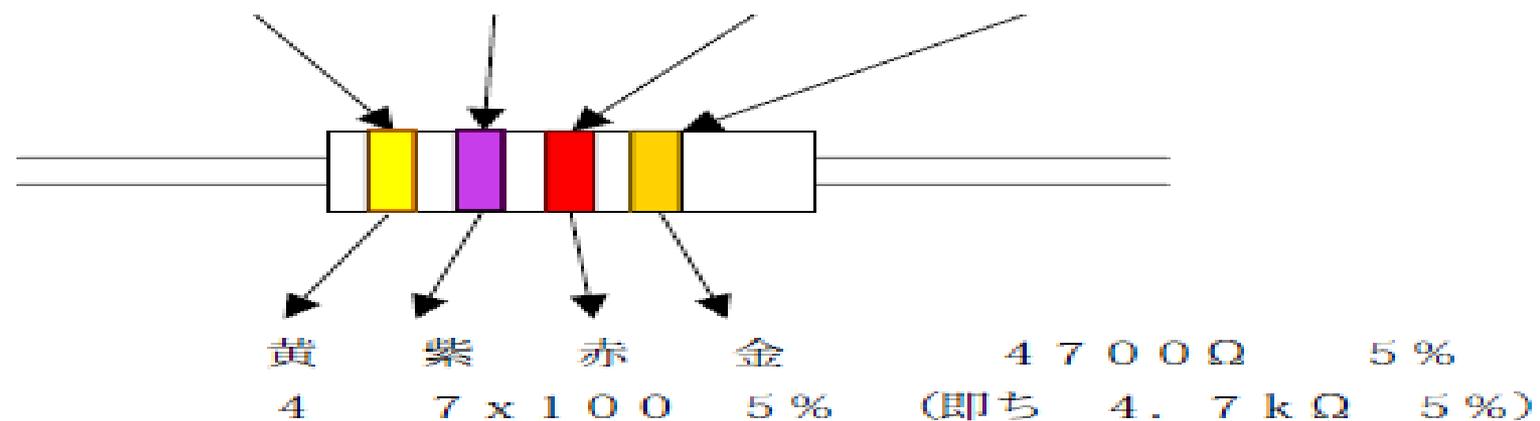
抵抗 $1\text{k}\Omega$ (茶黒赤)



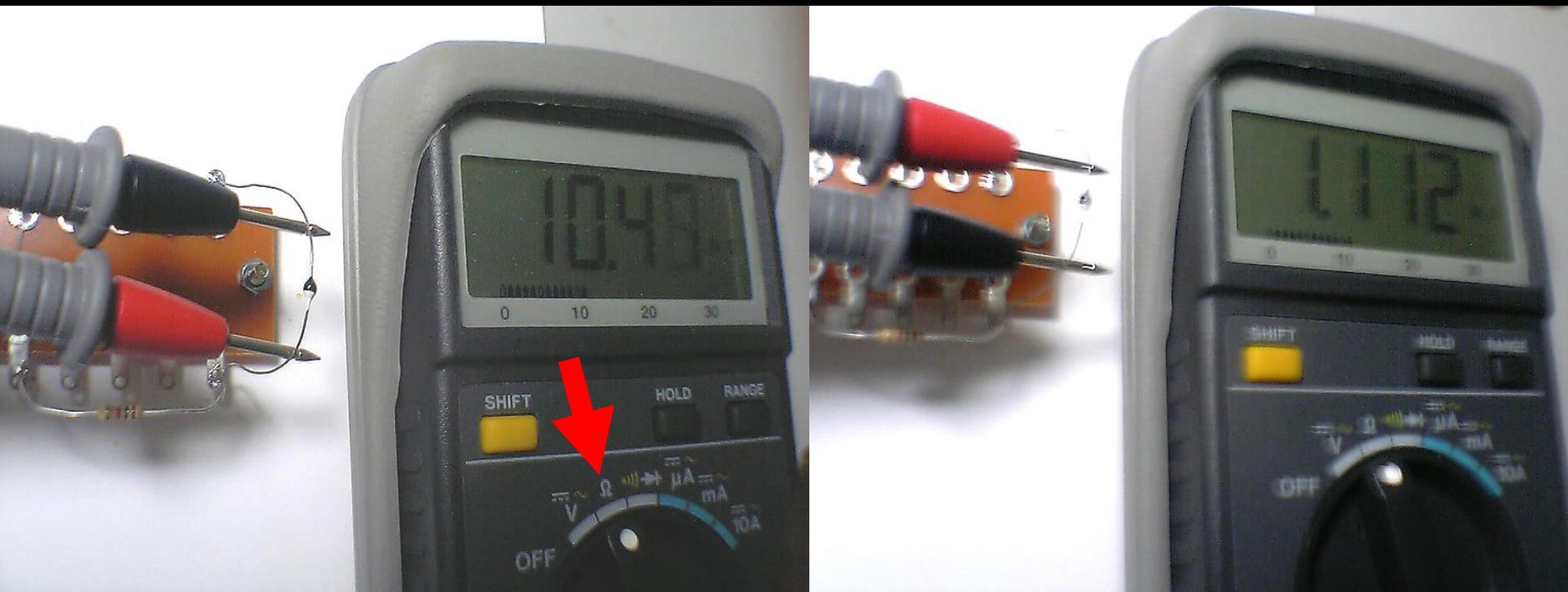
抵抗のカラーコード表

抵抗器 1個 4円

		第1色帯	第2色帯	第3色帯	第4色帯
		第1数字	第2数字	乗数	許容差%
	黒	0	0	1	
	茶	1	1	10	
	赤	2	2	10 ²	±2
	橙	3	3	10 ³	
	黄	4	4	10 ⁴	
	緑	5	5	10 ⁵	
	青	6	6	10 ⁶	
	紫	7	7	10 ⁷	
	灰	8	8	10 ⁸	
	白	9	9	10 ⁹	
	金			10 ⁻¹ (0.1)	±5
	銀			10 ⁻² (0.01)	±10
	無着色				±20



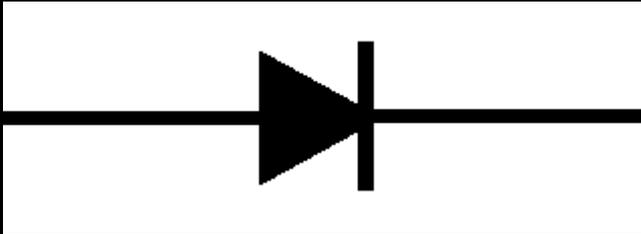
ダイオードの抵抗値をテスターで測定する。
テスターのスイッチを、 Ω に設定して、赤電極を一番右のソケットに、黒電極を右から2番目のソケットに接続。
ダイオードの白電極を テスターのプラス(赤)電極に、
ダイオードの黒電極を テスターのマイナス(黒)電極にあてたとき、逆にあてたときのダイオードの抵抗値を測定。



10MΩ



1 MΩ

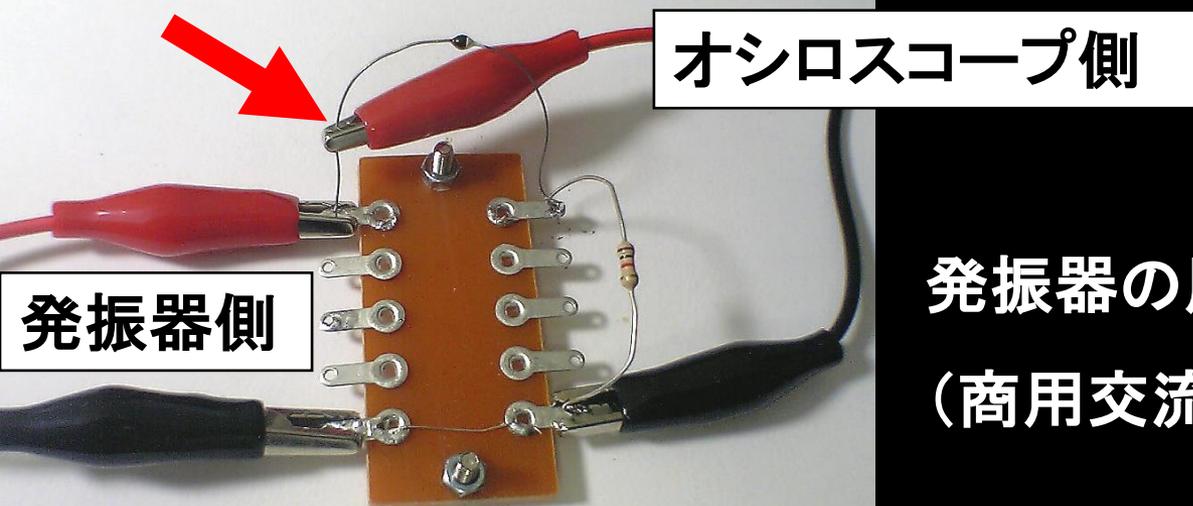


ダイオードは、電流の向きで
抵抗値が10倍近く異なる。

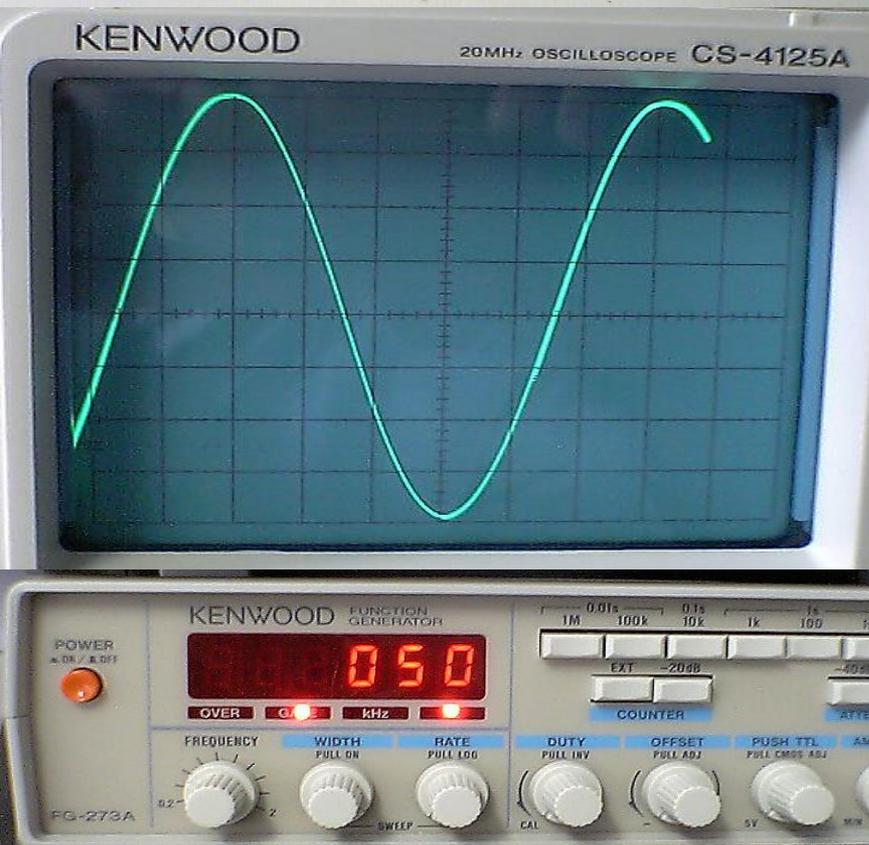
高級なダイオードほど
抵抗差が大きい。

実習用のダイオードは、
最も安い製品（1個 5 円）。

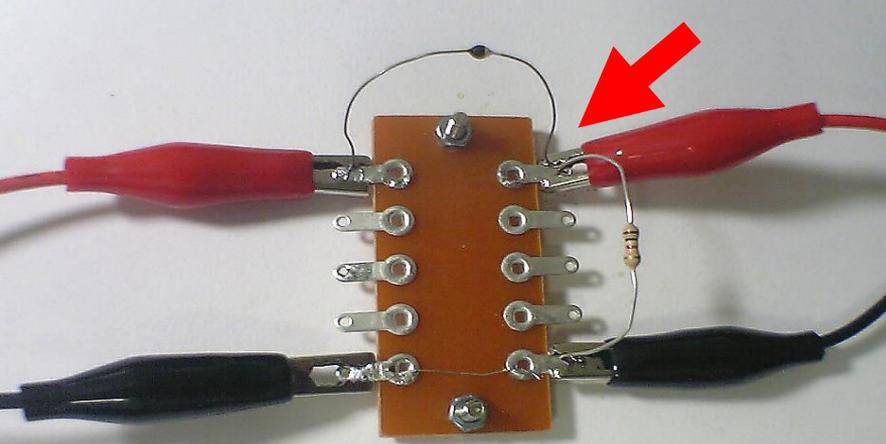
このダイオードは、
黒電極から白電極に電流を
一方向に流すことを
理解して下さい。



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)



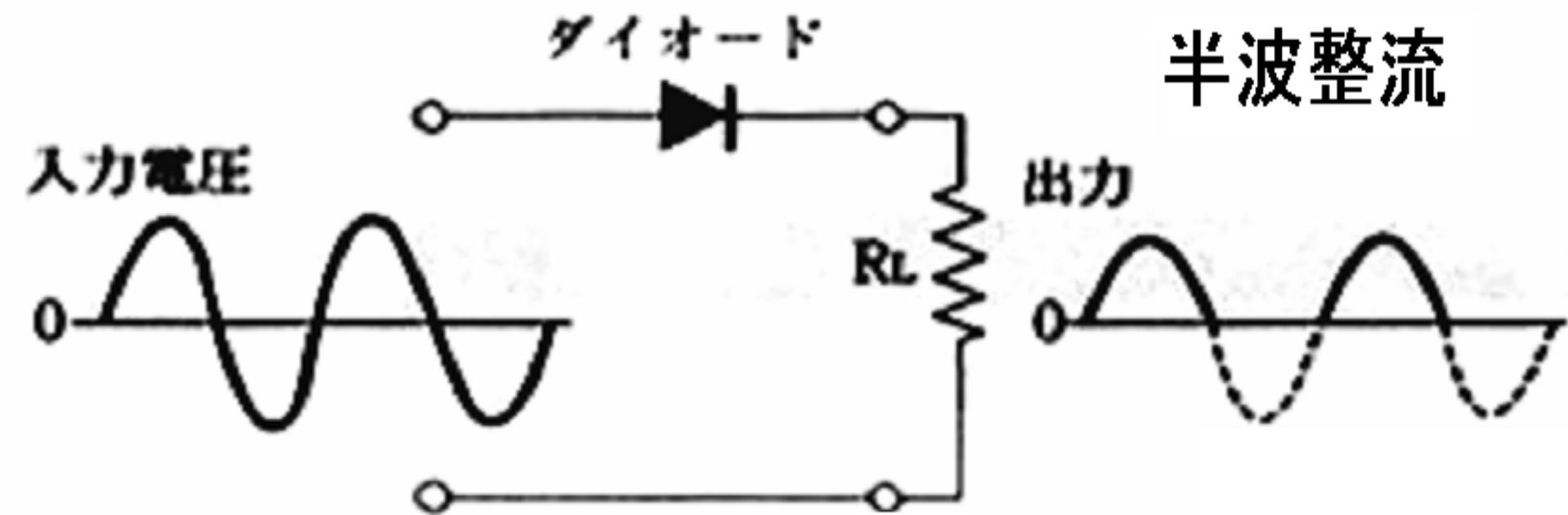
正弦波のマイナス成分が除去され、
ダイオードによって半波整流が
行われることを確認して下さい。

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。

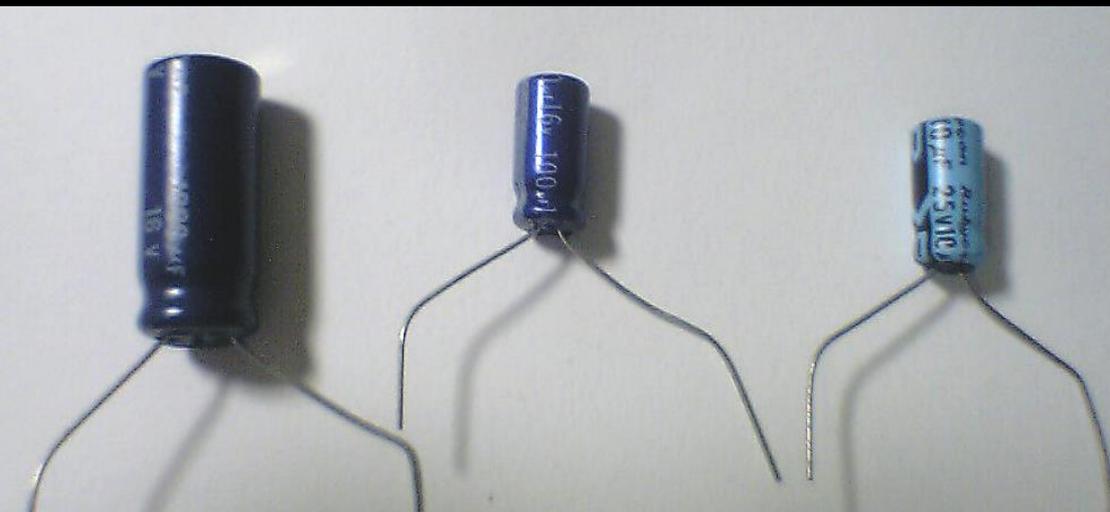
この抵抗がないと、発生する電圧は、ダイオードや発振器、オシロスコープの内部抵抗で発生する電圧が測定され、不安定な波形になる。

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。



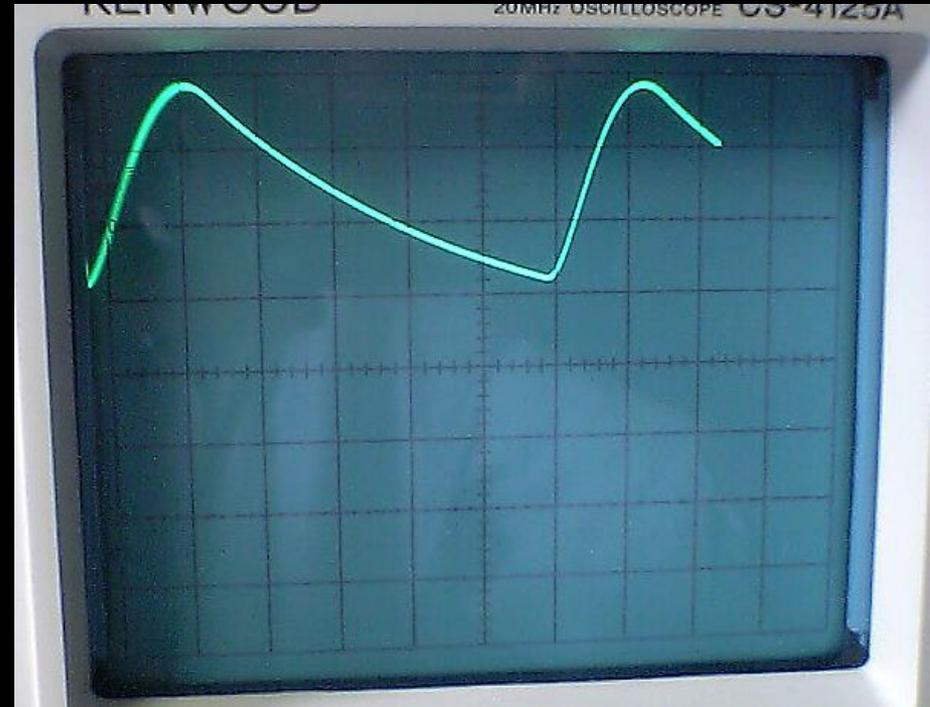
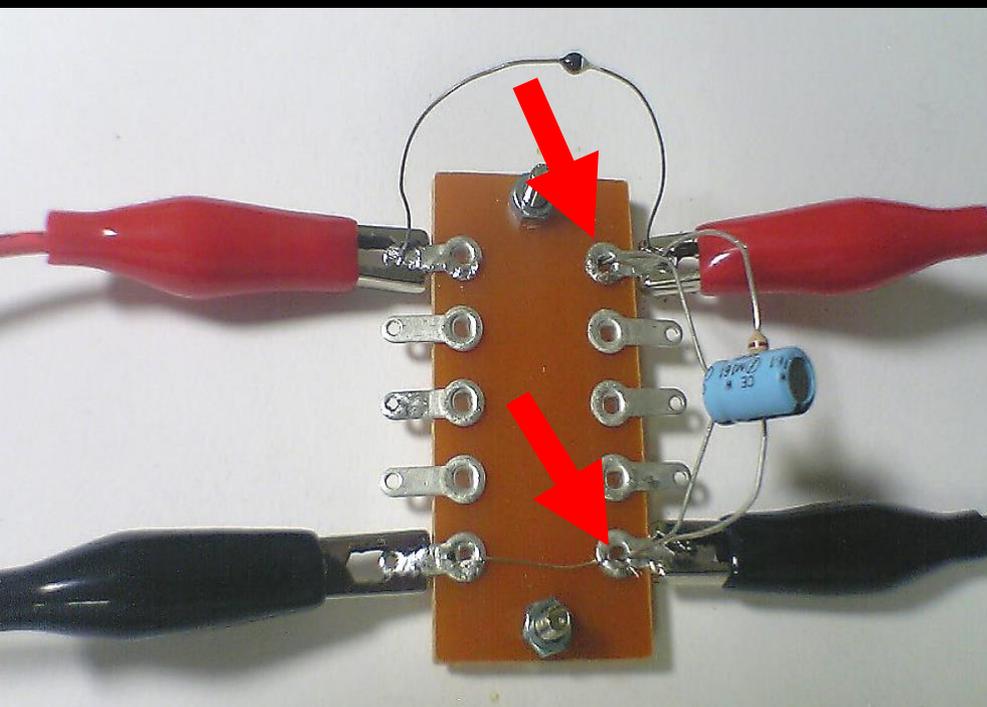
実験 2 コンデンサによる平滑回路

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。



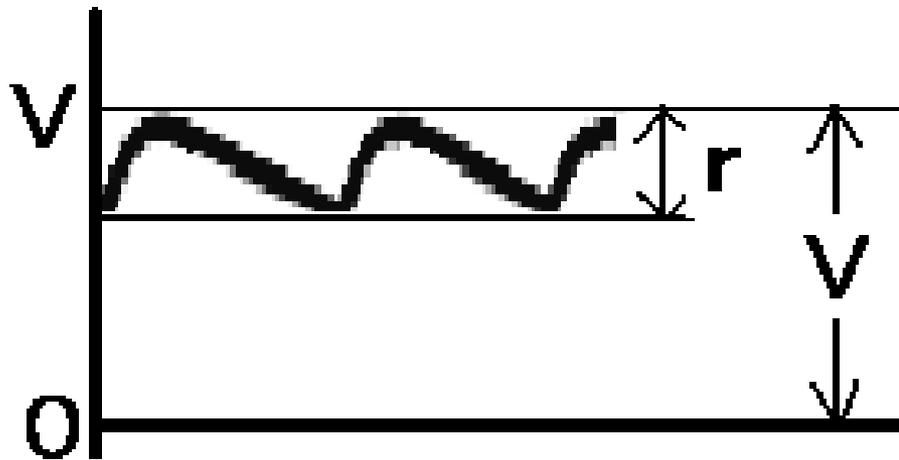
最も簡単な平滑化回路

コンデンサを電源回路に並列接続する。

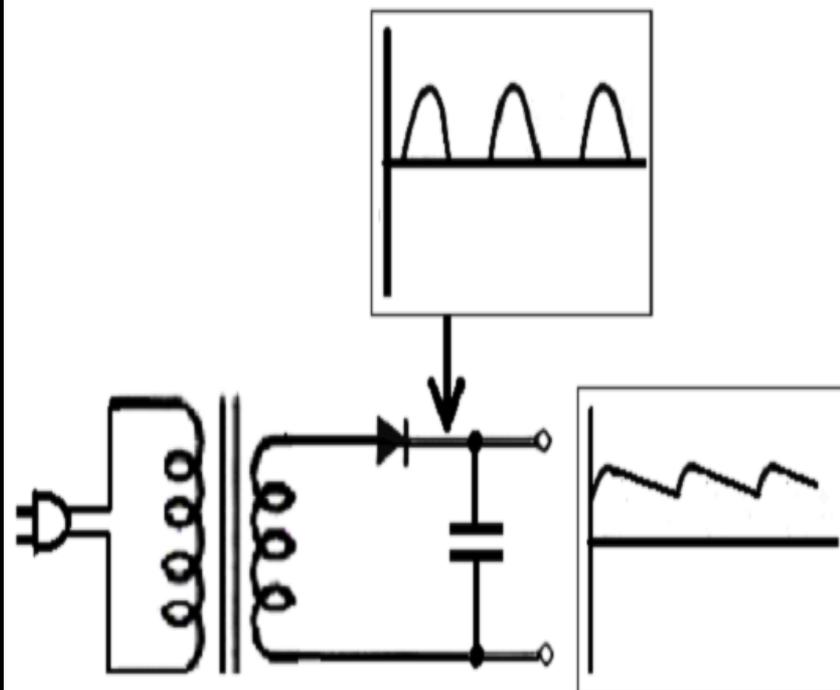
コンデンサは電荷を蓄えるので、電圧が低いときは放電して、リップル成分による電圧の変動が減衰する。

リップル率 = リップル電圧 (r) / 定格電圧 (V)

ripple 【名】 さざ波、小波

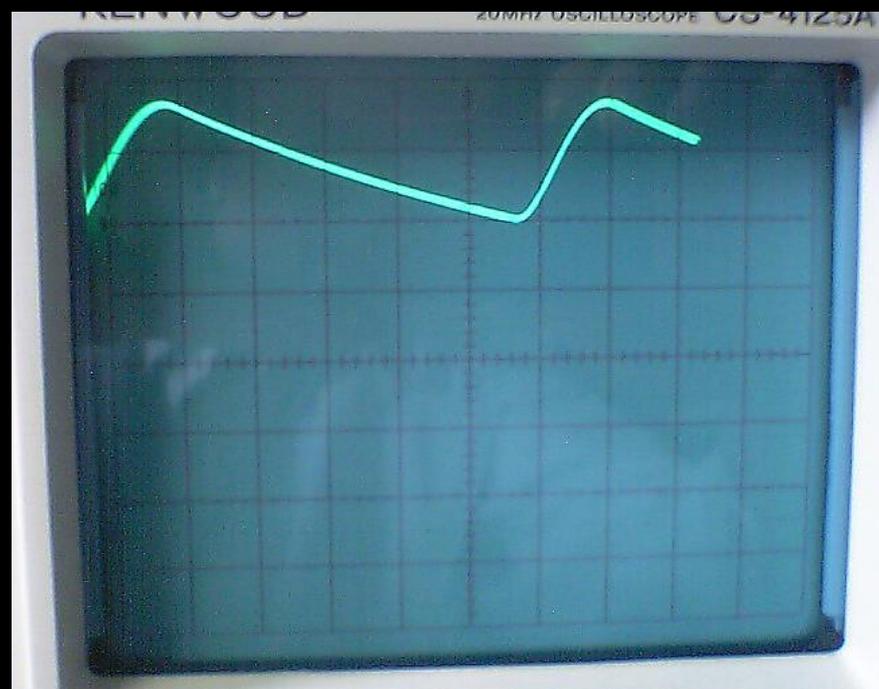
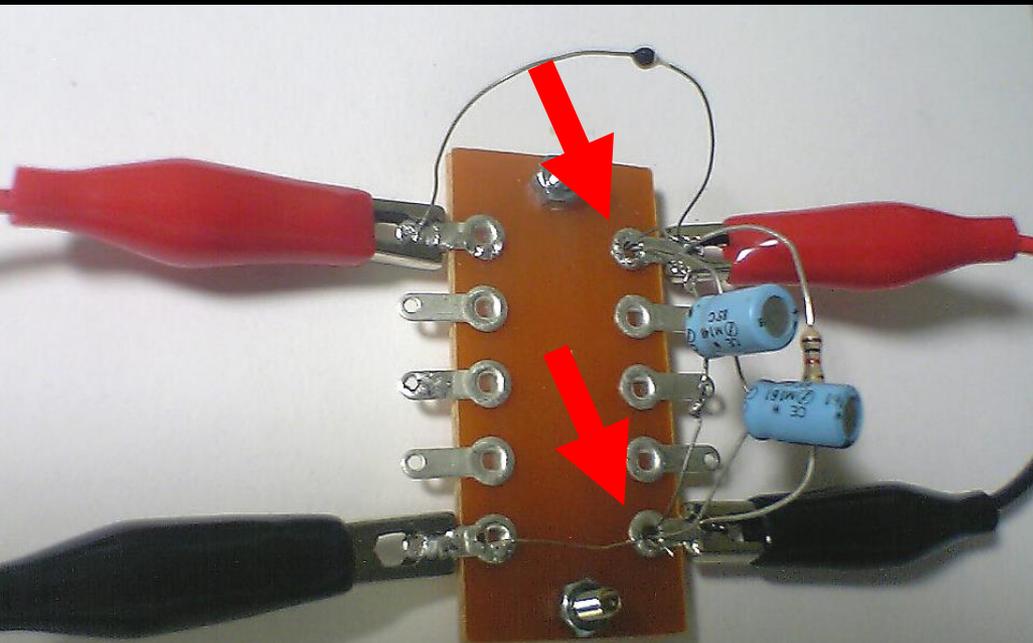


$$\text{リップル率} = \frac{r}{V} \times 100 (\%)$$



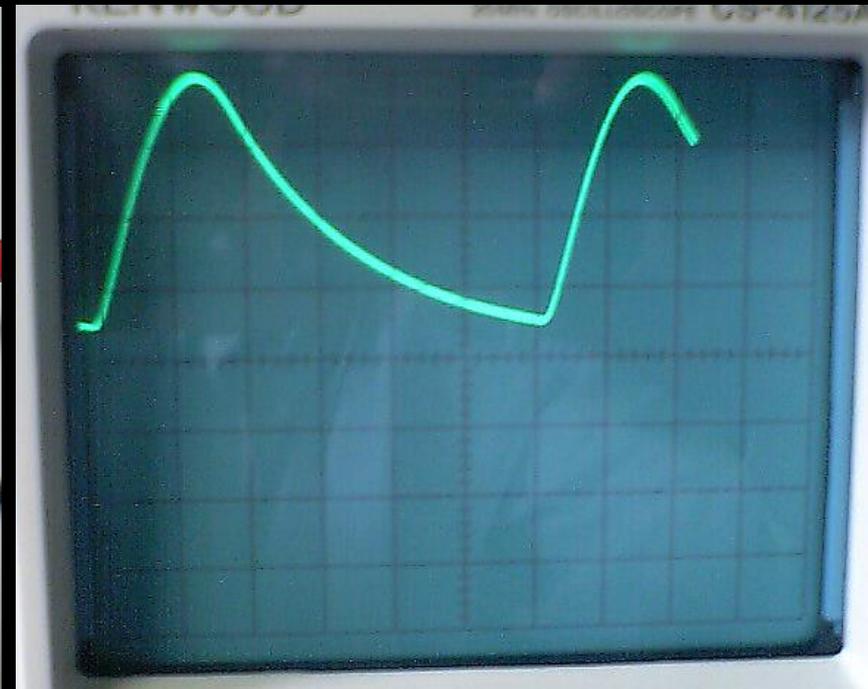
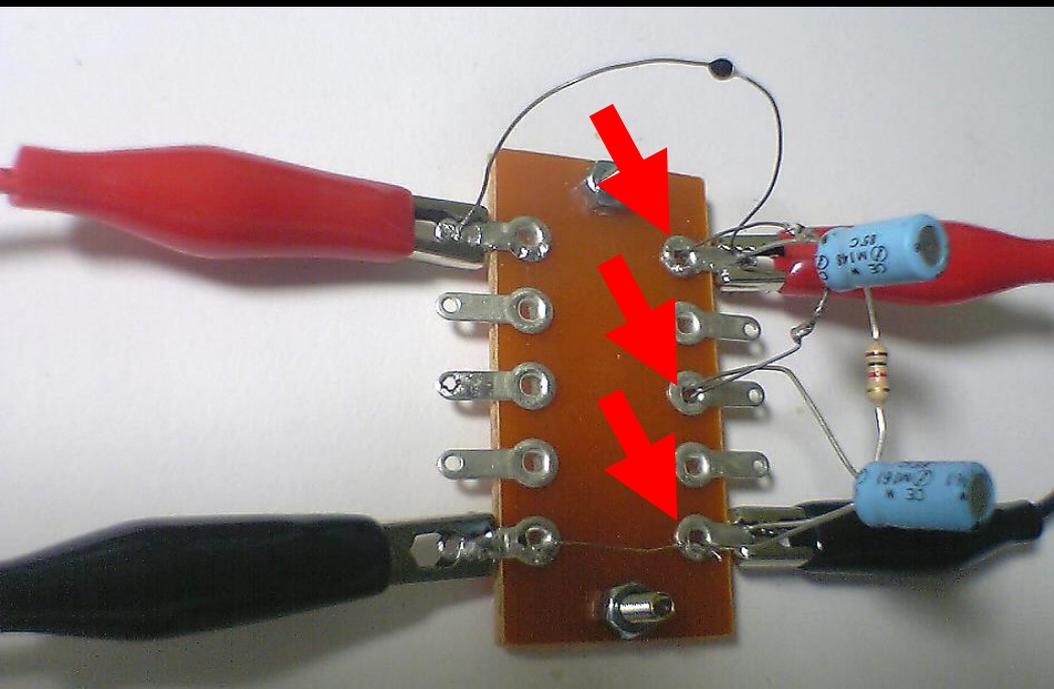
10 μ F のコンデンサを、さらに1個並列接続して、
脈流のリプル率を計算する。

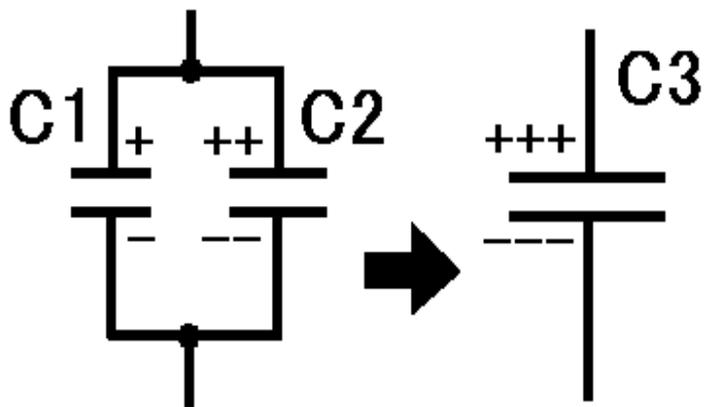
平滑化コンデンサが 10 μ F 1個の場合に比べ、
リプル率が半分に改善されることを確認して下さい。
コンデンサの容量は、並列にすると加算されることを
理解して下さい。



次に、2個の $10\mu\text{F}$ のコンデンサを、直列接続して、脈流のリプル率を計算する。

平滑化コンデンサが $10\mu\text{F}$ 1個の場合に比べ、リプル率が2倍に悪化することを確認して下さい。コンデンサの容量は、直列にすると減少することを理解して下さい。

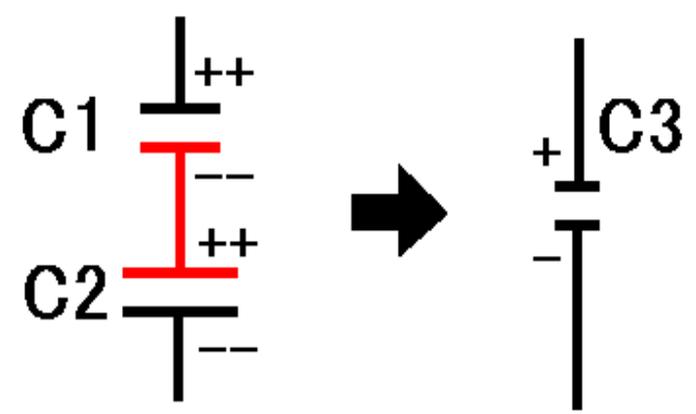




コンデンサの並列

$$C1 + C2 = C3 \text{ (ファラッドF)}$$

単純に、並列にすると
電極の面積が加算されると
考えると理解しやすい。



コンデンサの直列

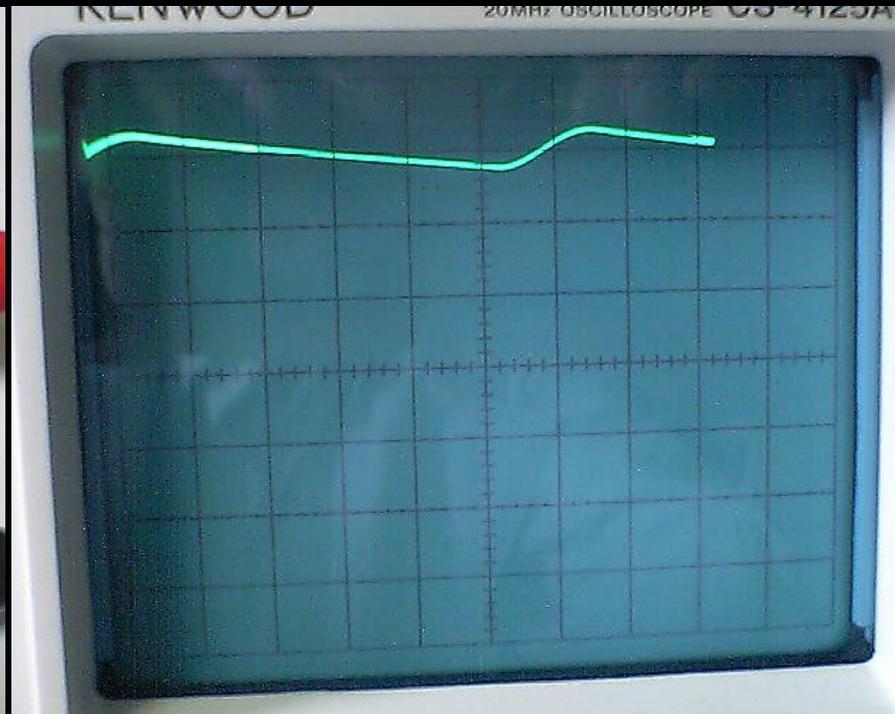
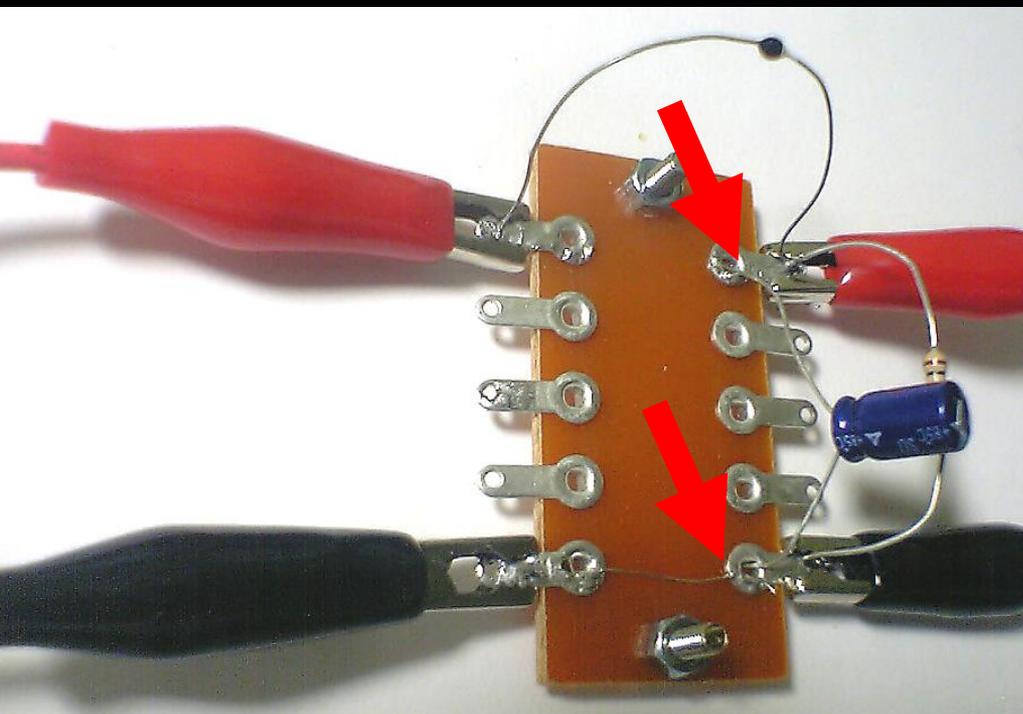
$$1/C1 + 1/C2 = 1/C3$$

直列にすると、電気的につながった
電極面同士で電子(電荷)を
中和してしまうので、
蓄える電荷量が減る。

コンデンサの直列、並列計算は、抵抗の計算法と逆になる。

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。

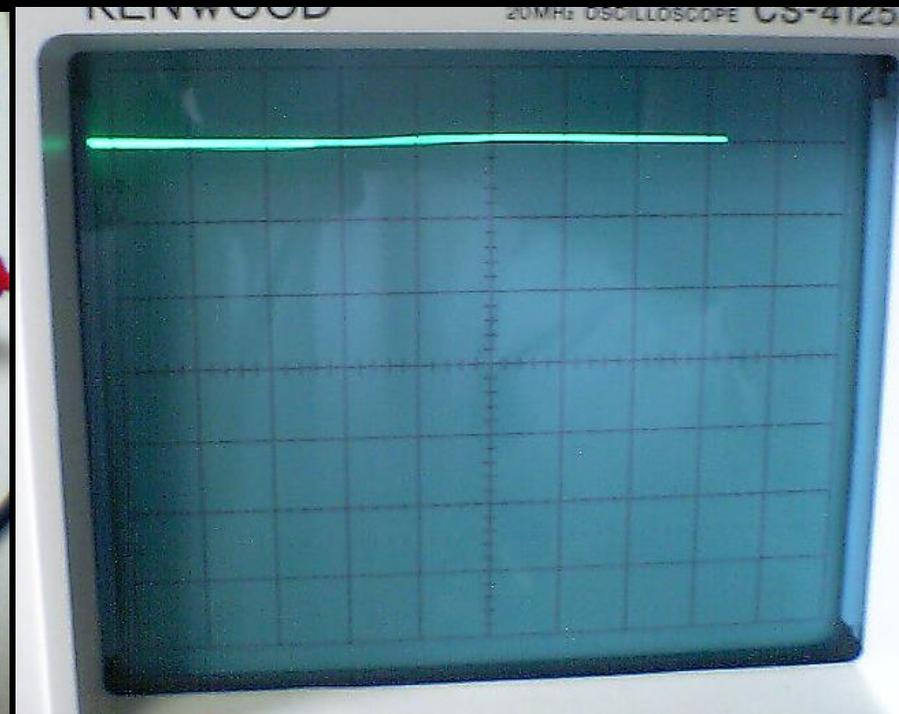
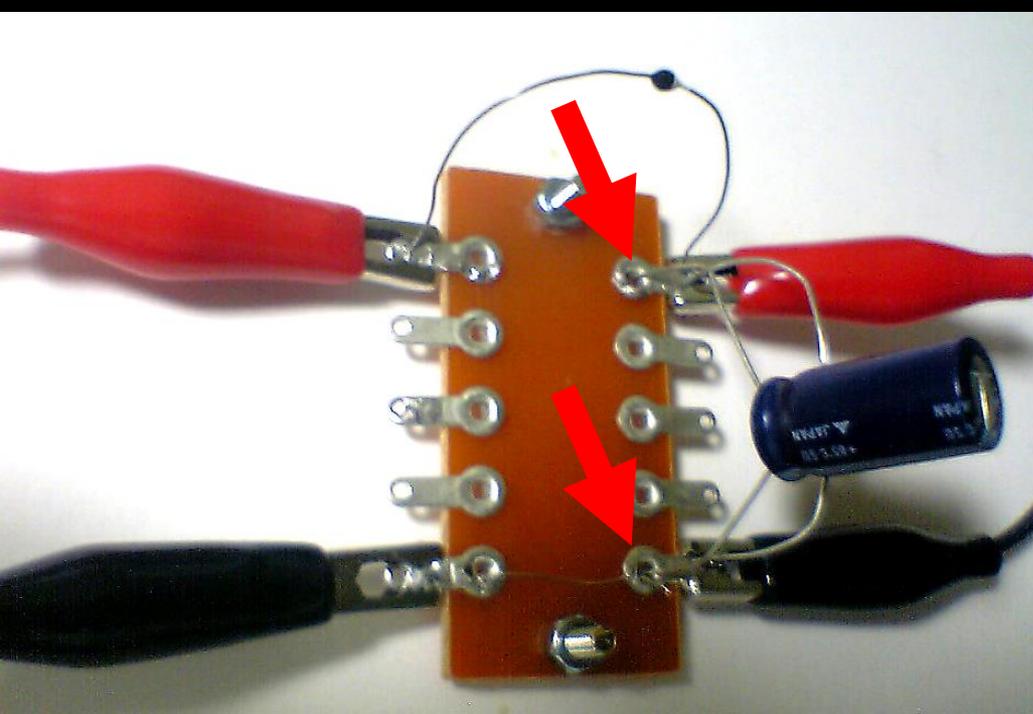
平滑化コンデンサ 10 μ F 1個の場合に比べ、
リップル率が 1 / 10 程度に改善されることを確認して下さい。



1000 μ F のコンデンサを、抵抗に並列接続して、
脈流のリプル率を計算する。

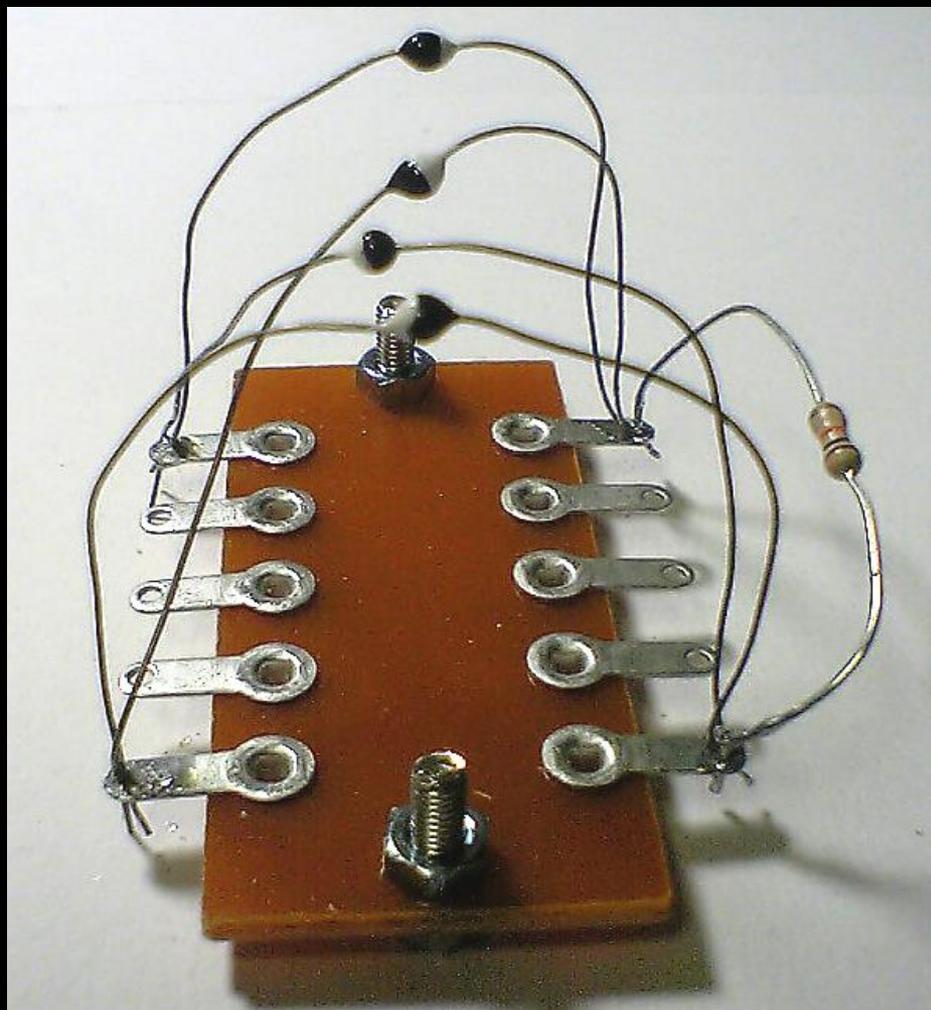
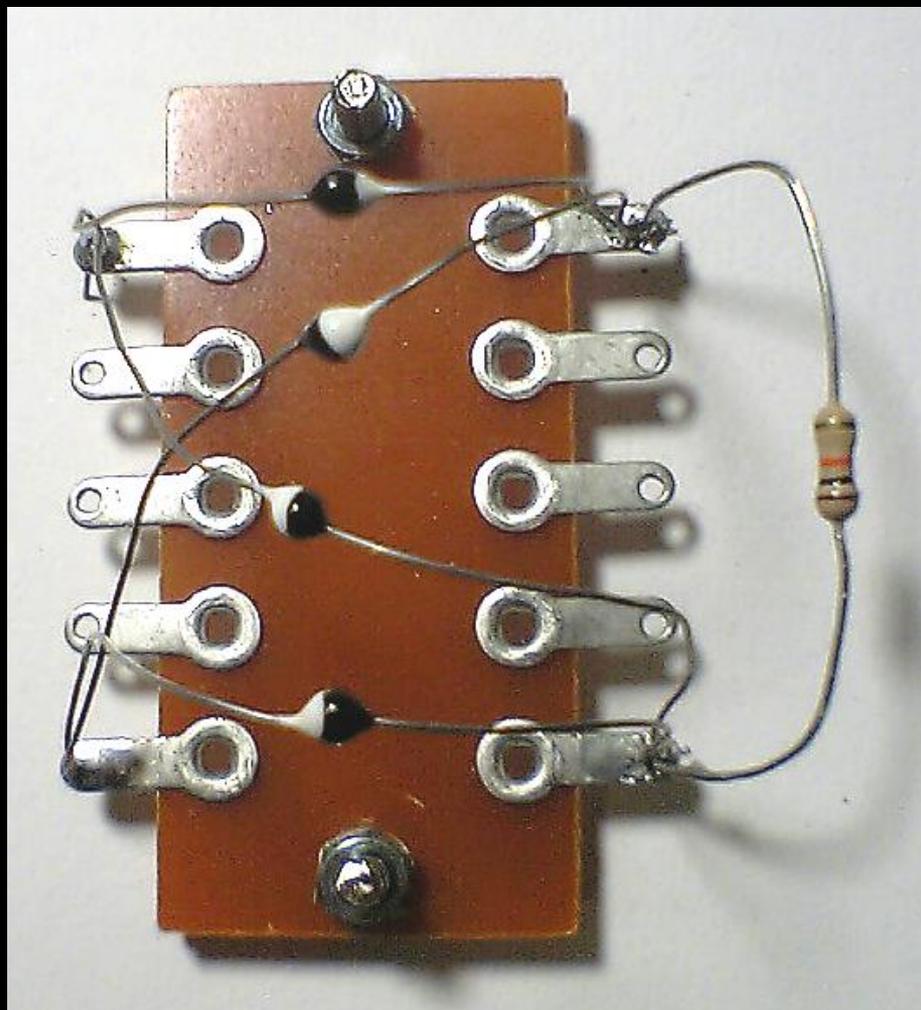
ほとんど脈流成分のない直流に変換されていることを
確認して下さい。

平滑化コンデンサの静電容量が多いほど
良好な整流が行われることを理解して下さい。

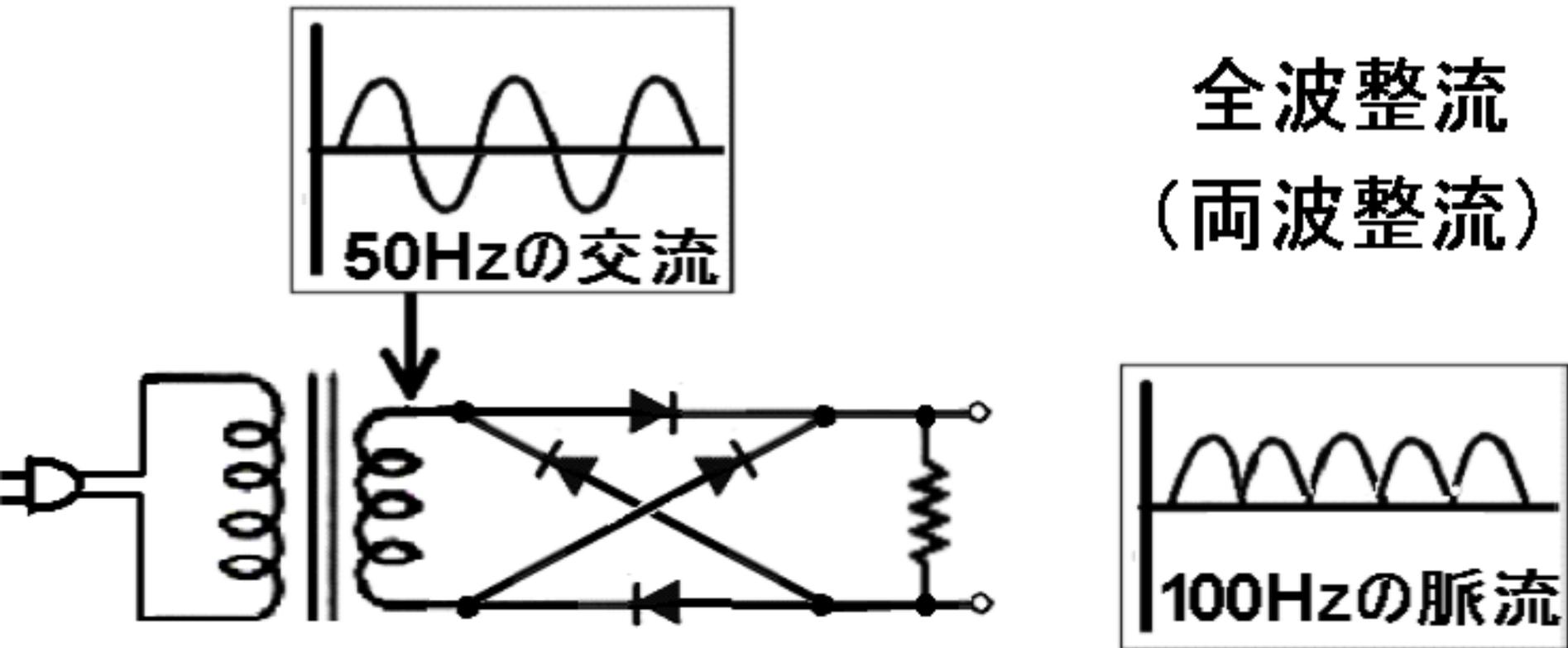


実験 3 全波整流

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。

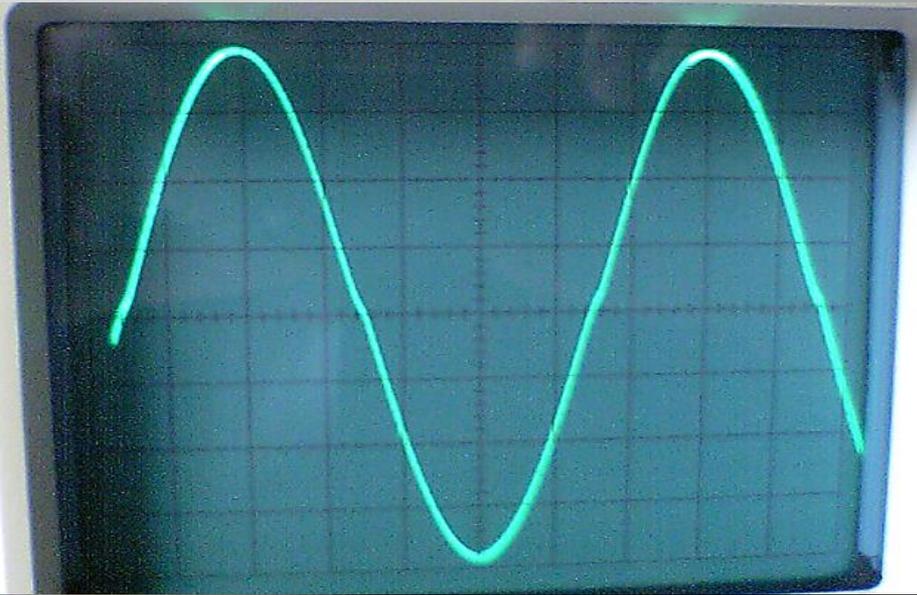


半波整流による脈流は、
交流電力の半分を捨てているので効率が悪い欠点をもつ。
ダイオードを4個ブリッジ状につないだ回路(ブリッジ回路)
による整流(ブリッジ整流)は、交流のマイナス成分をプラス
に折り返した脈流を出力するので、両波(全波)整流になる。



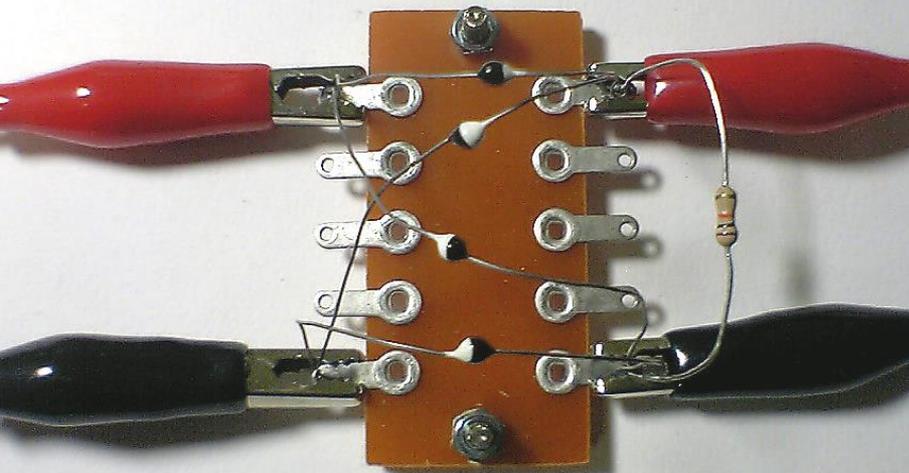
発振器側

オシロスコープ側

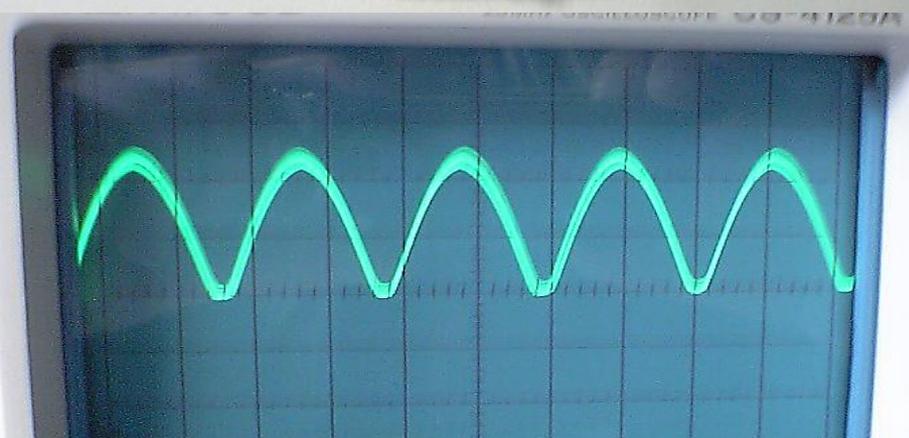


発振器の周波数を 50 Hz に設定。
(商用交流と同じ周波数に設定。)

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。



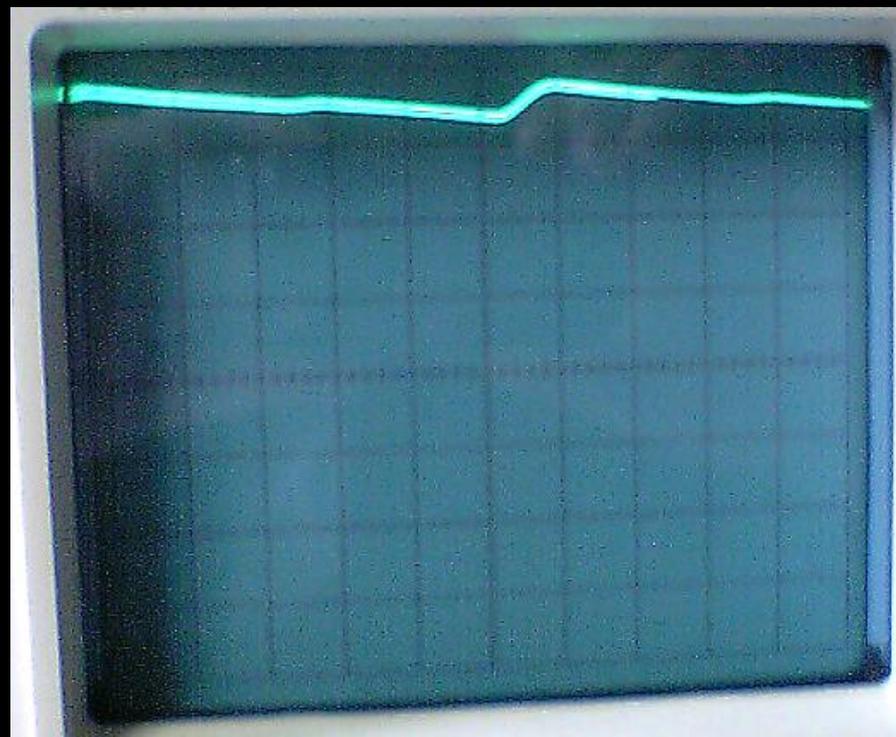
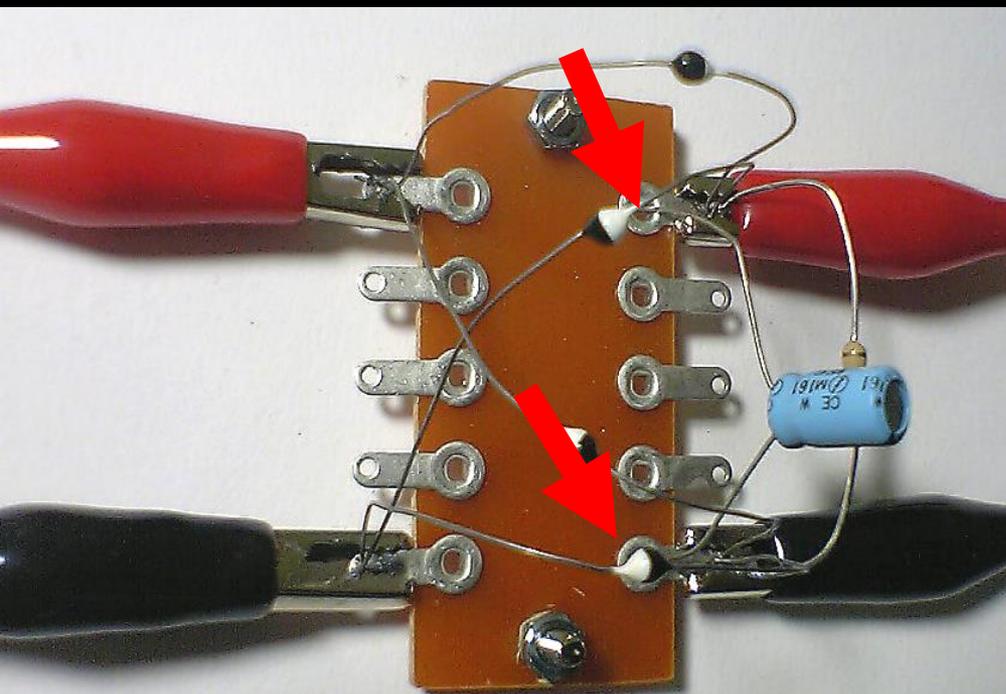
その際、CH1 の AC DC レバー
を DC 側に設定する。
(直流信号測定モード)



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。

全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。
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、リップル率を計算。
半波整流と比べ、リップル率が何倍改善されているか
計算してください。全波整流の利点を理解してください。



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））

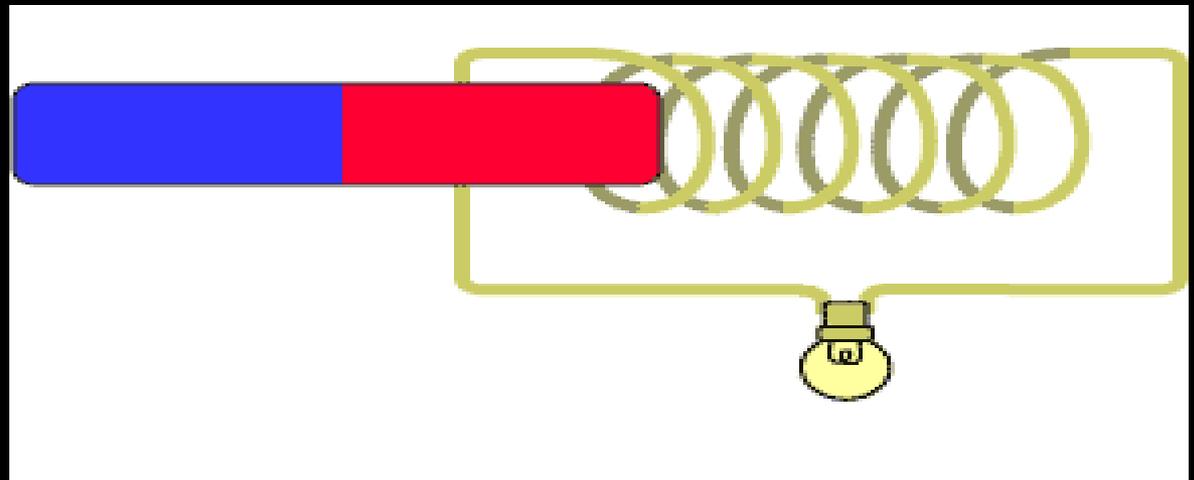
コイルの電氣的な本質はインダクタンスなので、
電気回路学では、コイルを インダクタンス と呼ぶ。

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



インダクタンス (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の変化で、コイル内部の磁界が
変化し、コイルに電圧(起電力)が発生する性質

起電力(V) = $n L \frac{di}{dt}$ (n は巻き数)

(= インダクタンス x 電流の1秒間の変化)

電流の変化率が大きいときに高い電圧が生じる

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

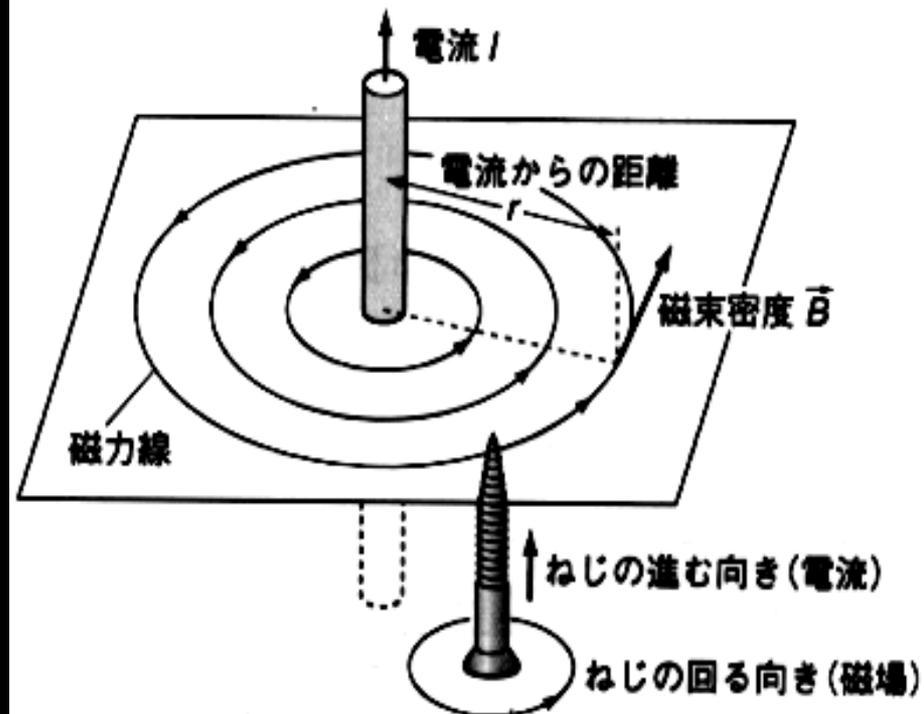
右ねじの法則 コイルを理解するための基本法則

電線に電流が流れると電線周囲の空間に、
電線を取り巻くように電流の進行方向に対して
右回りの磁力線が発生する。

右ねじ(右回しで入るねじ)
の進行方向が電流の向き、
回す方向が磁力線の向き。

(向き自体に本質的な意味はない。
人間が勝手に決めたもの。)

図 2-15 直線電流での電流の向きと磁場の向き

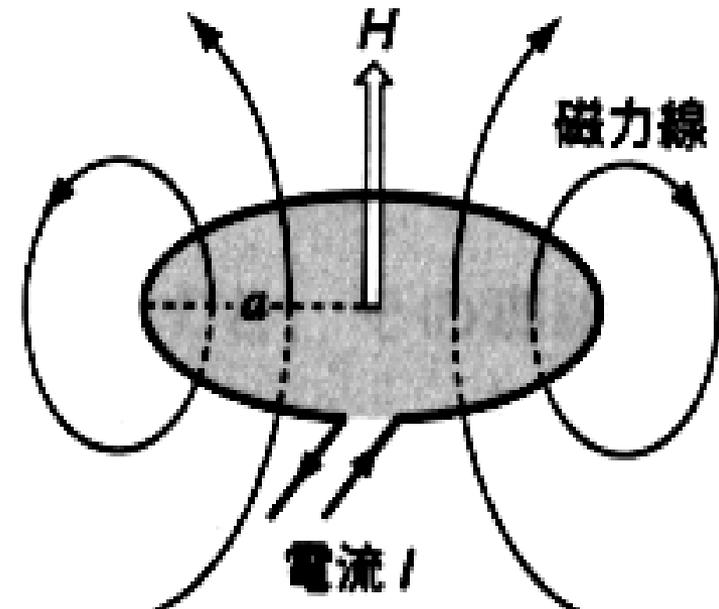


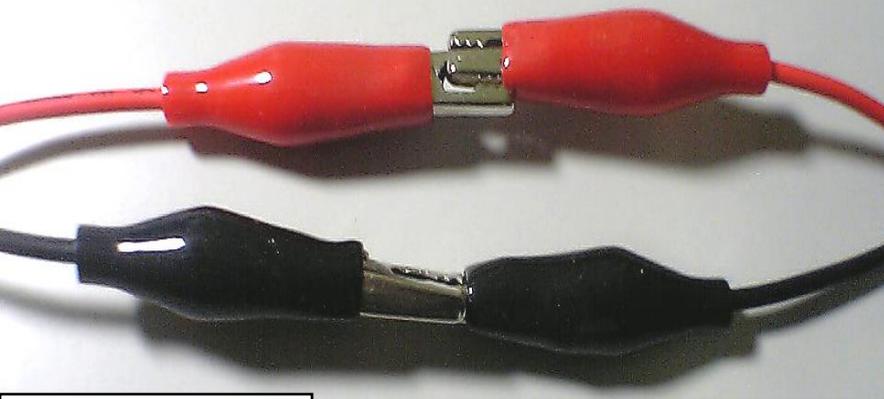
磁界（磁場） Magnetic field

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。

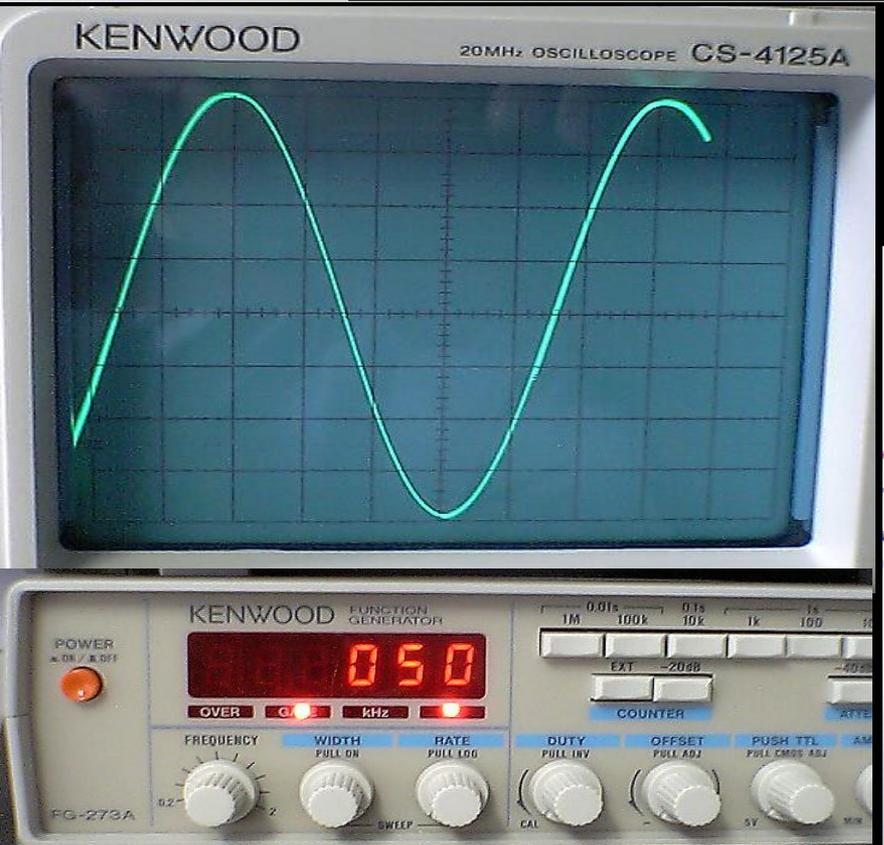
図 2-17 円形電流による磁場





発振器側

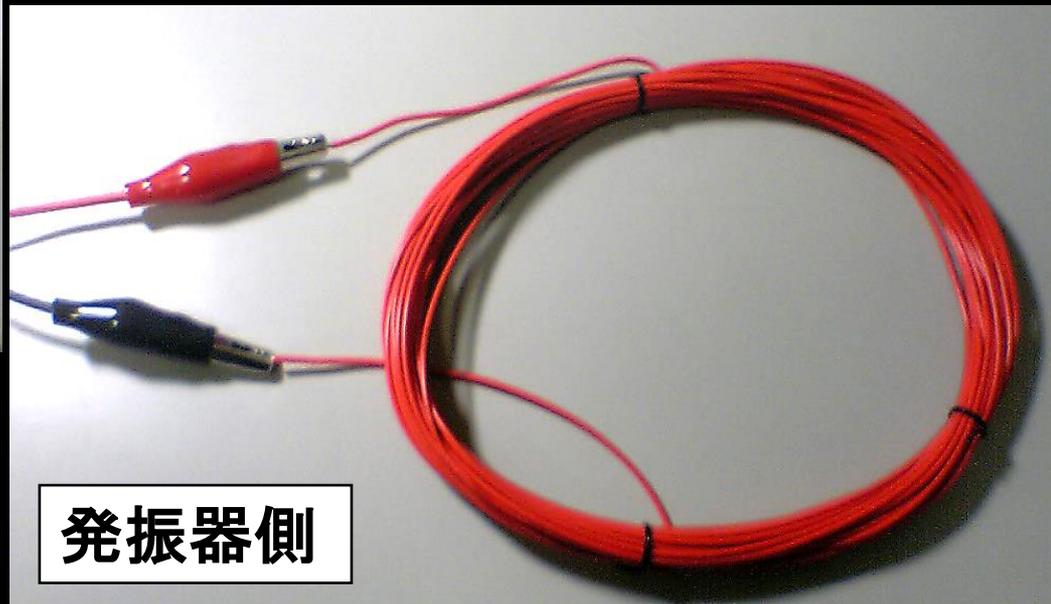
オシロスコープ側



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。)

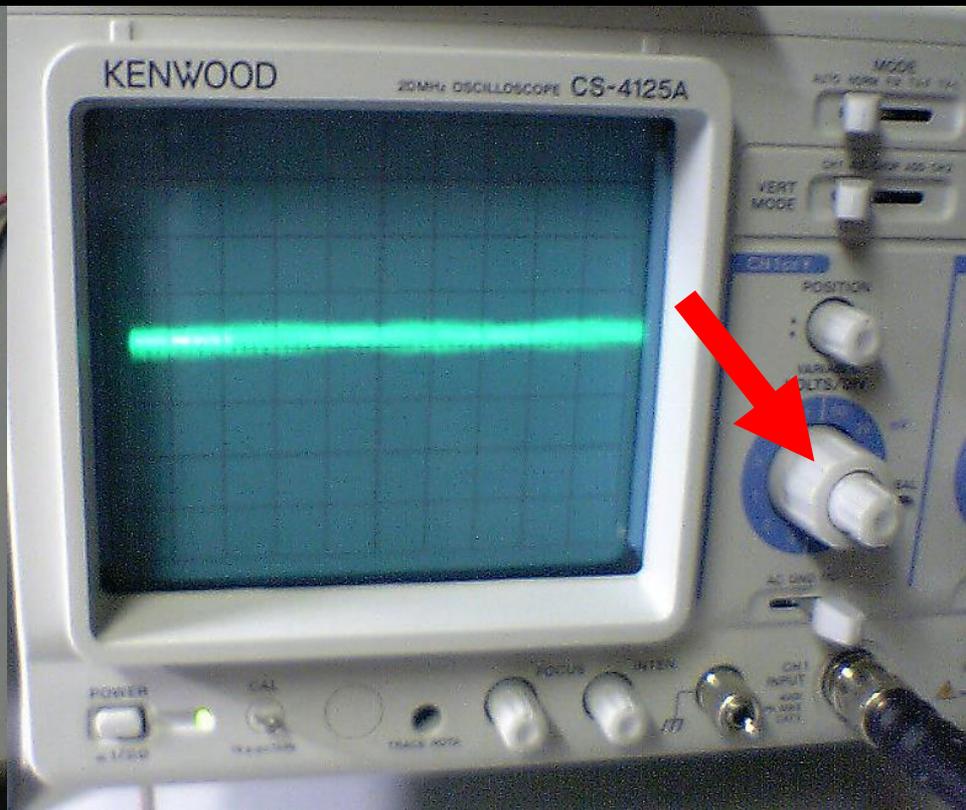
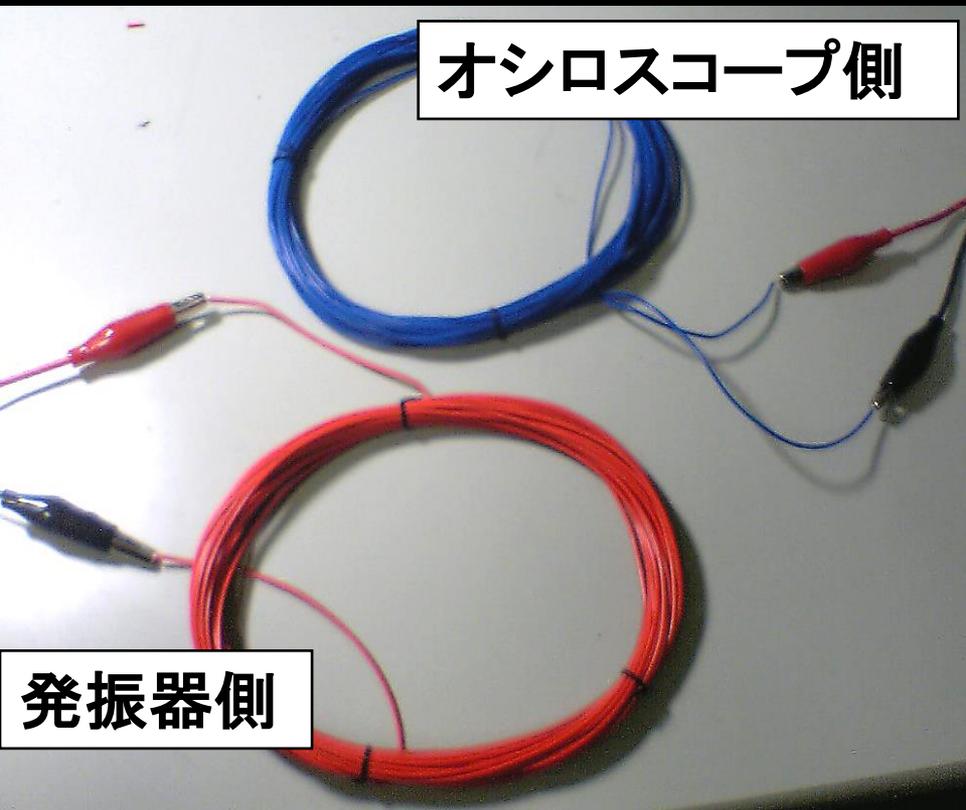
まず、信号を直接オシロスコープにつなぎ、振幅を 4cm に調節。

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。



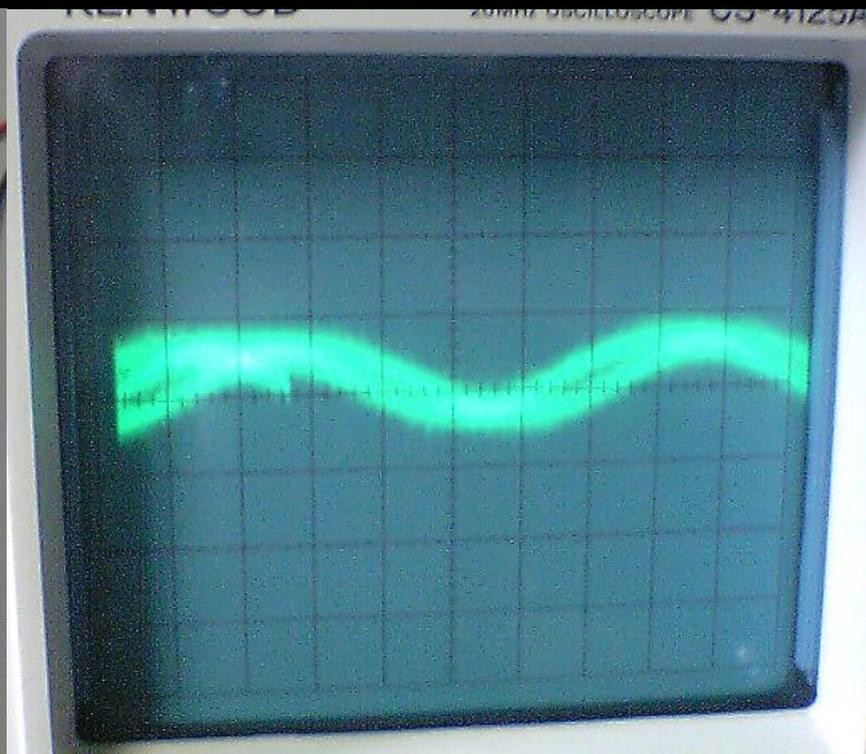
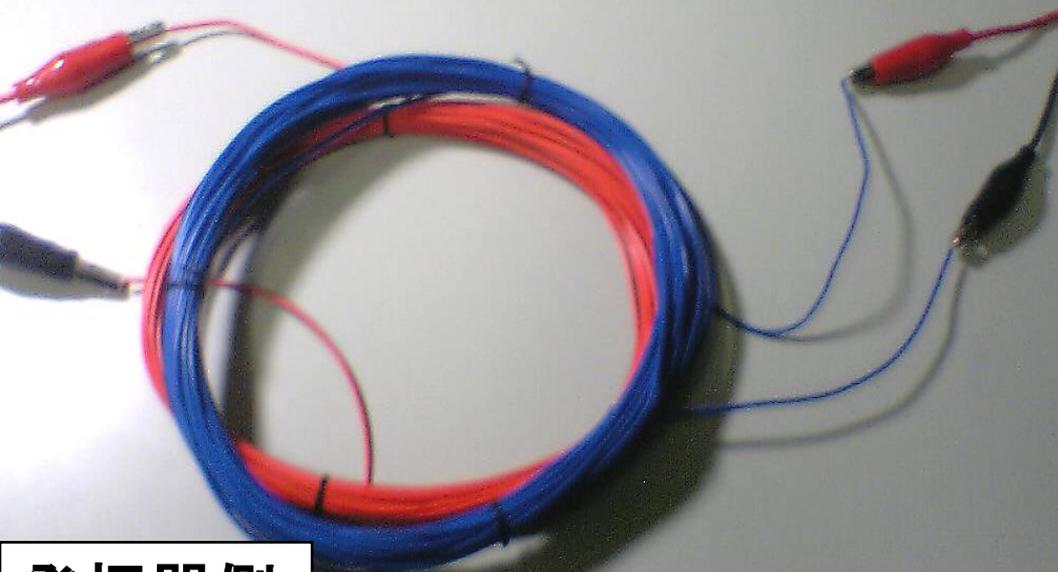
発振器側

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。



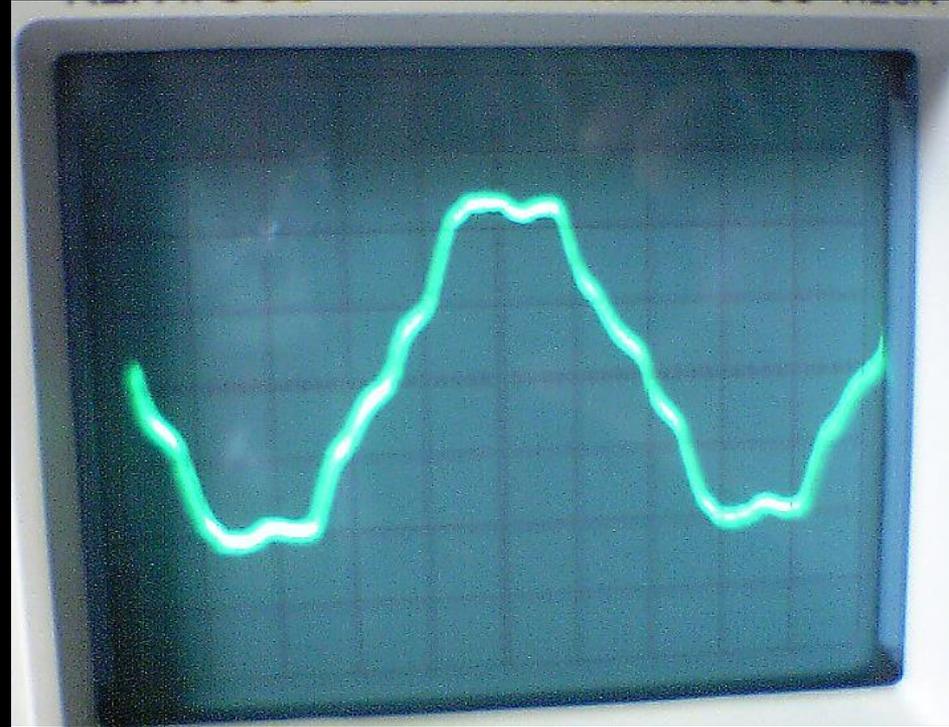
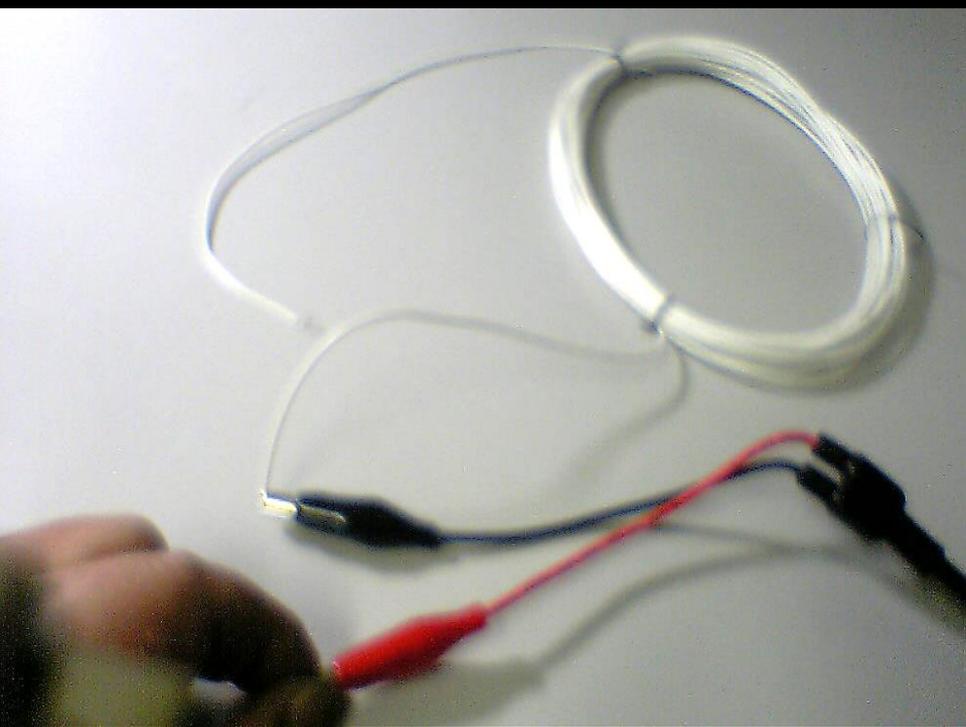
2個のインダクタンスを重ねると、
50Hzの波形が出現することを確認する。
電磁波の存在、電磁誘導の現象を理解してください。
インダクタンスの重ね具合を調整すると
波形の振幅が変化することを確認する。

オシロスコープ側

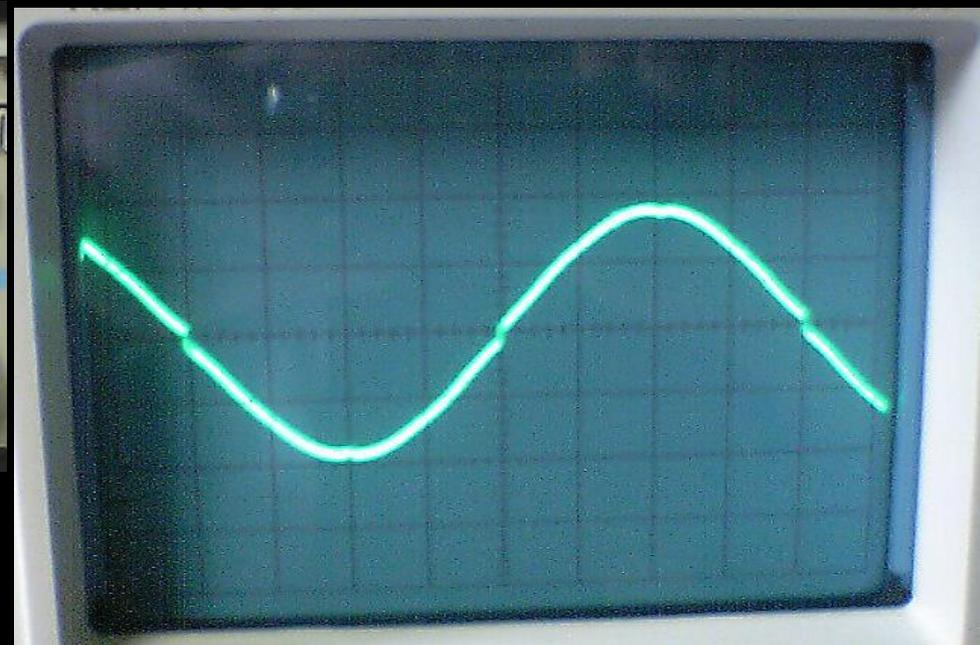


発振器側

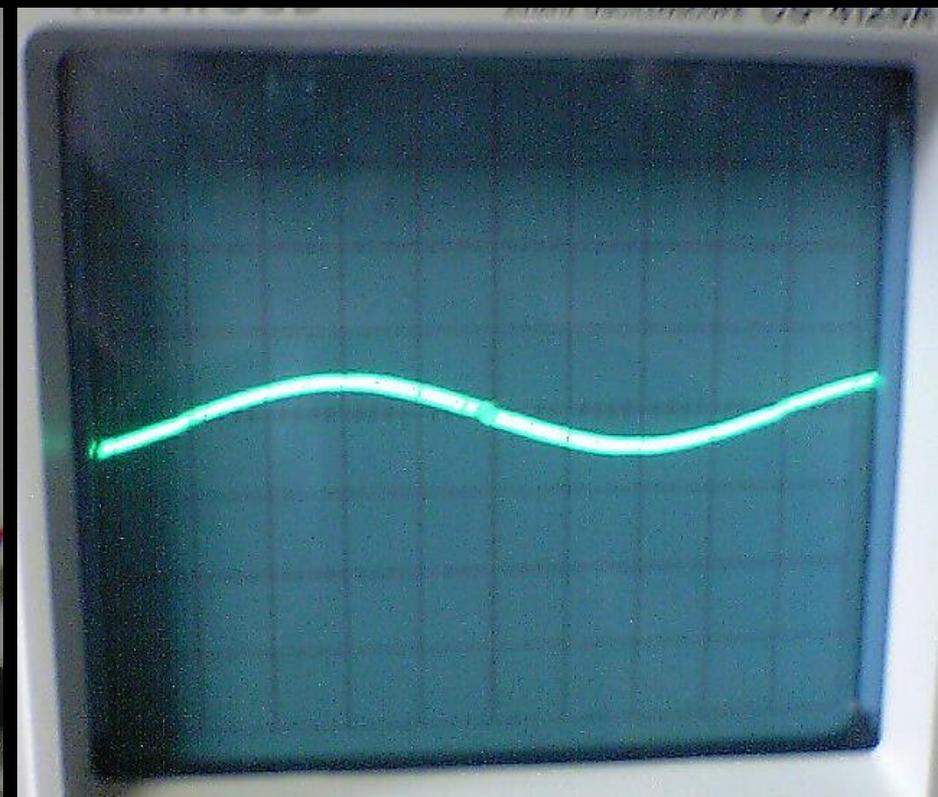
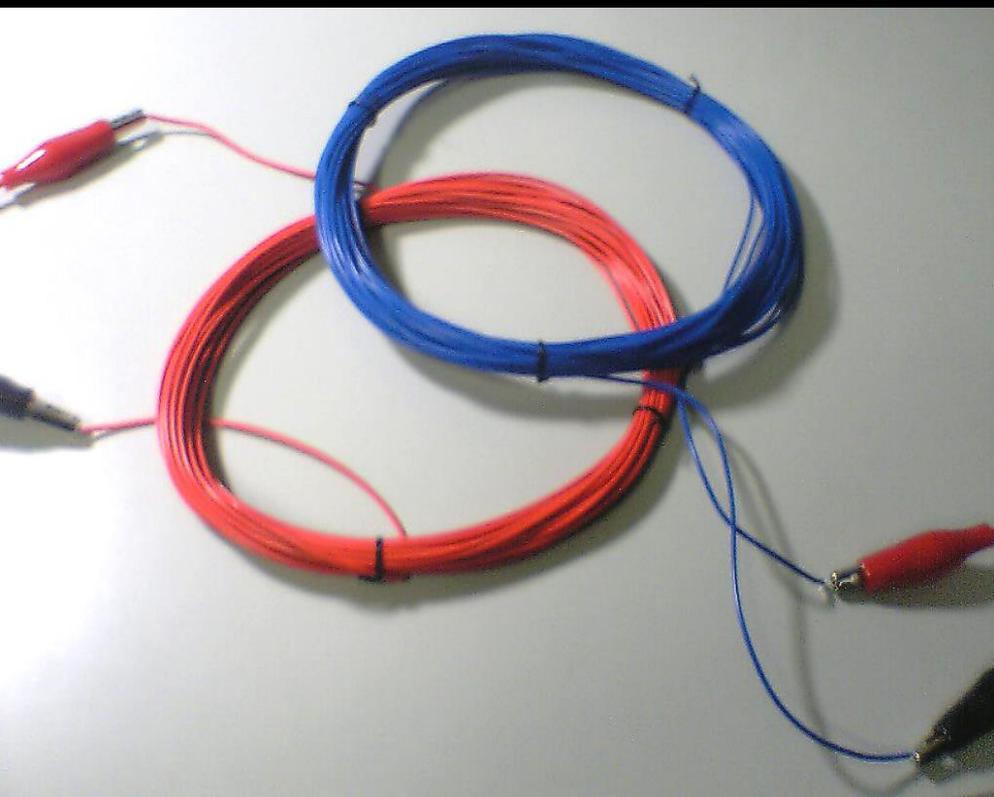
オシロスコープ側のインダクタンスの 1方の端子を
インダクタンスから外して、指でつかむと
50Hzの波形（ハム雑音）が出現することを確認する。
人体が、壁面にある商用交流電線からの電磁波を受ける
インダクタンスになっていることを理解して下さい。



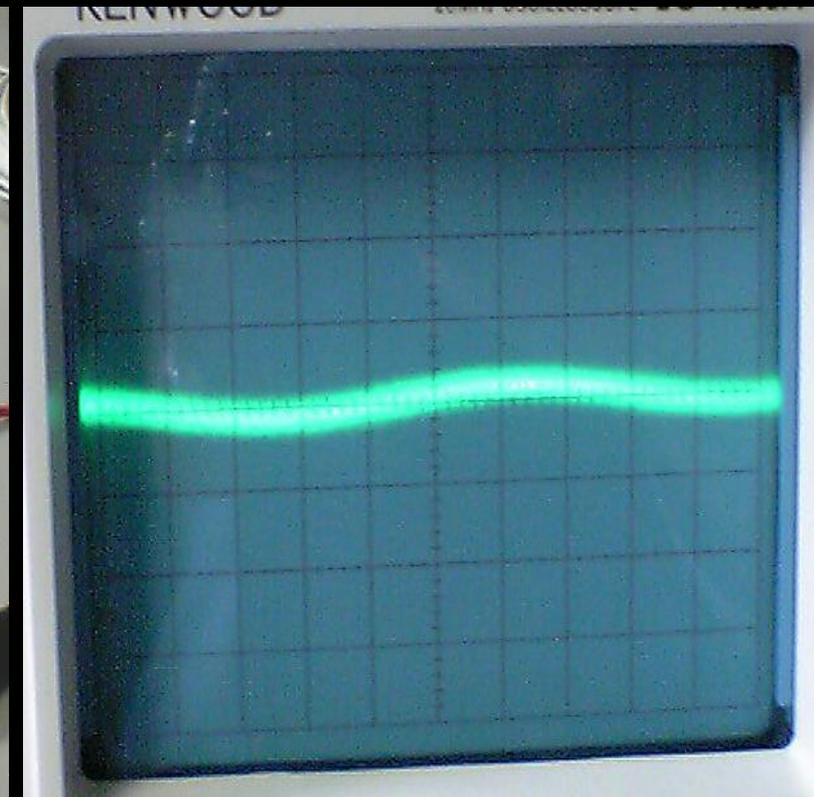
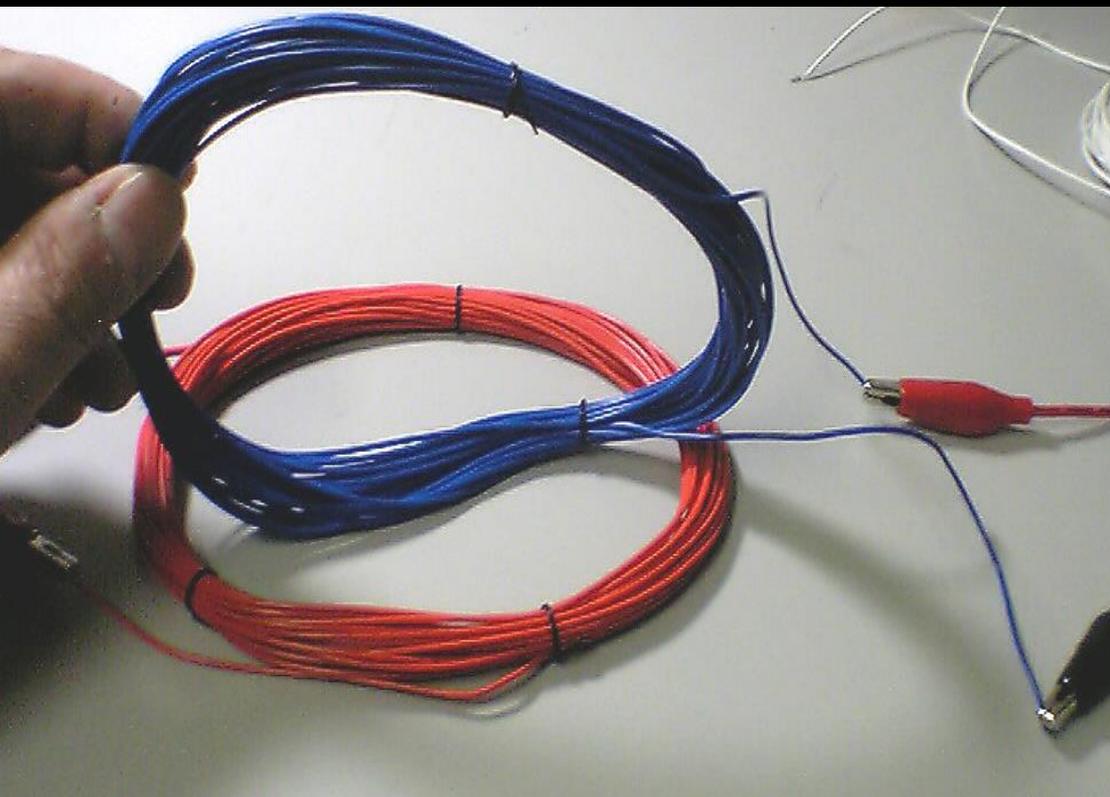
発振器の周波数を上げると、電磁誘導による交流信号の伝わる能率が上がることを確認する。
逆に、周波数を下げると、交流信号が伝わりにくくなることを確認し、理由を考えてください。
発振器の周波数を 1 kHz 以上に上げる。
オシロスコープで観察される波形が明瞭になり
振幅が増加することを確認する。



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

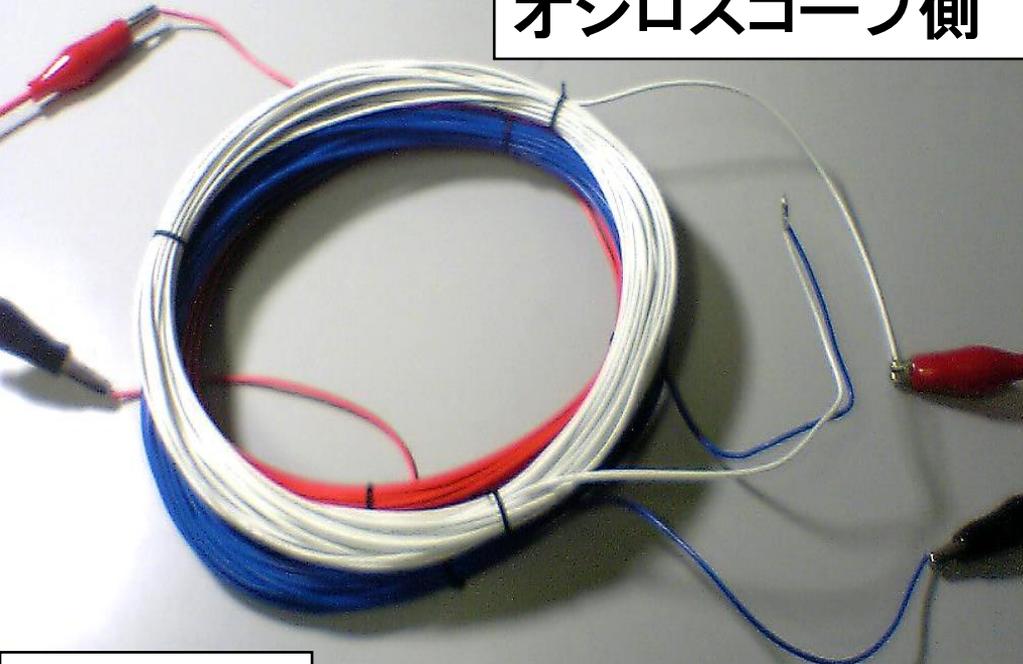


オシロスコープ側のインダクタンスを 垂直に立てると
波形の振幅がほとんど消失することを確認して下さい。
インダクタンスの位置、角度を変化させて振幅を観察し、
発振器側のインダクタンスから発生している電磁波の
向きや形状を推察して下さい。

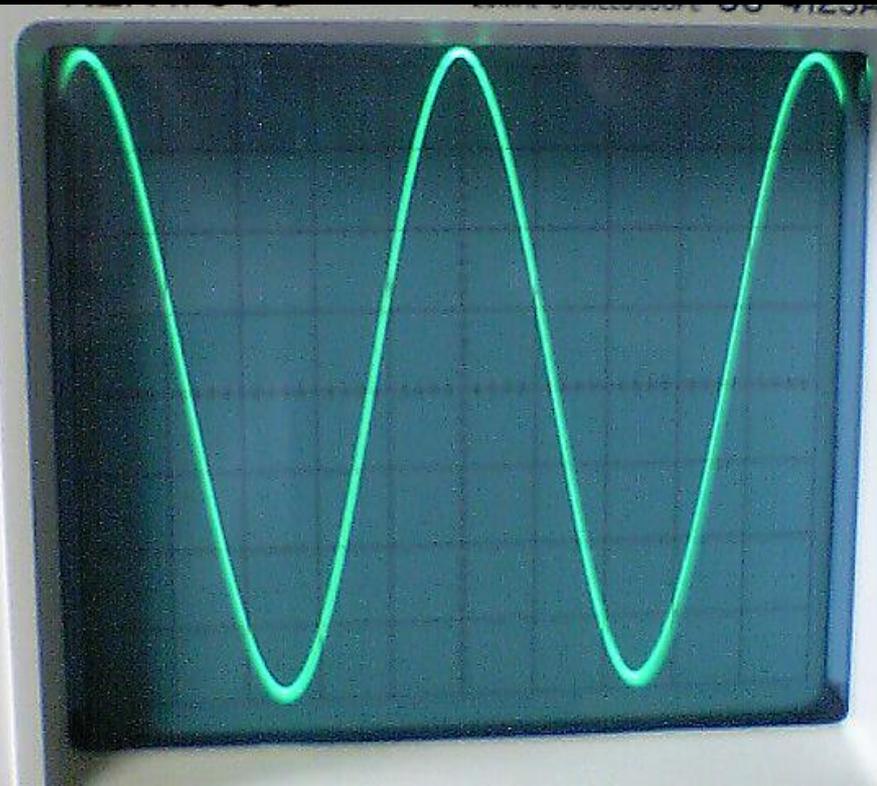


オシロスコープ側のインダクタンスの巻き数を倍にする。
オシロスコープ側に、インダクタンスを1個追加して
直列につなぐ。(線の巻かれた向きを揃えることに注意。)
(波形の振幅が小さくなった場合は、逆向きにつないでいる。
線をつなぎ変えなくても、インダクタンスを裏返せばよい。)

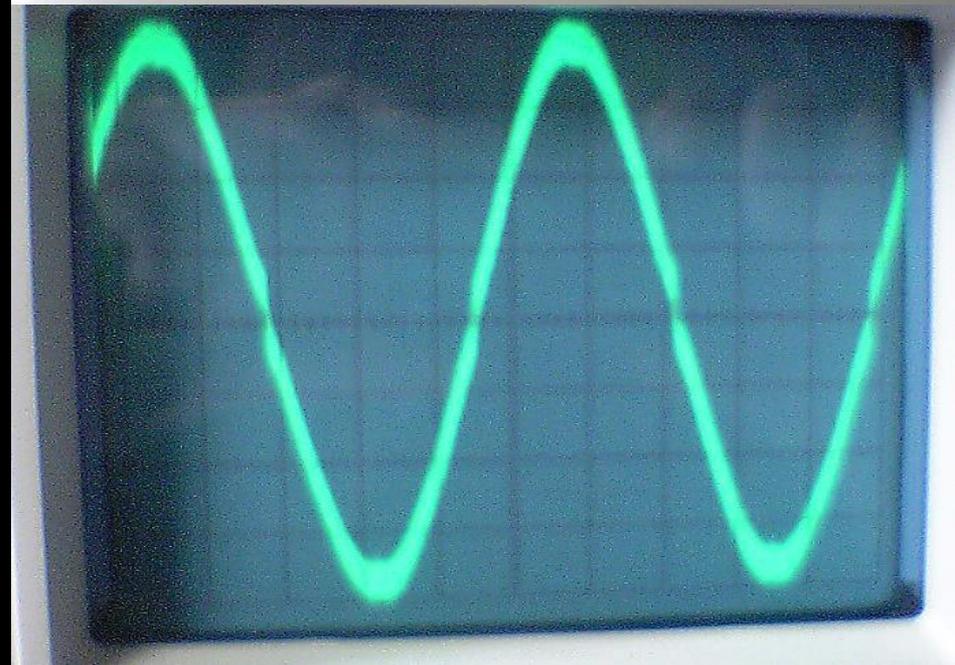
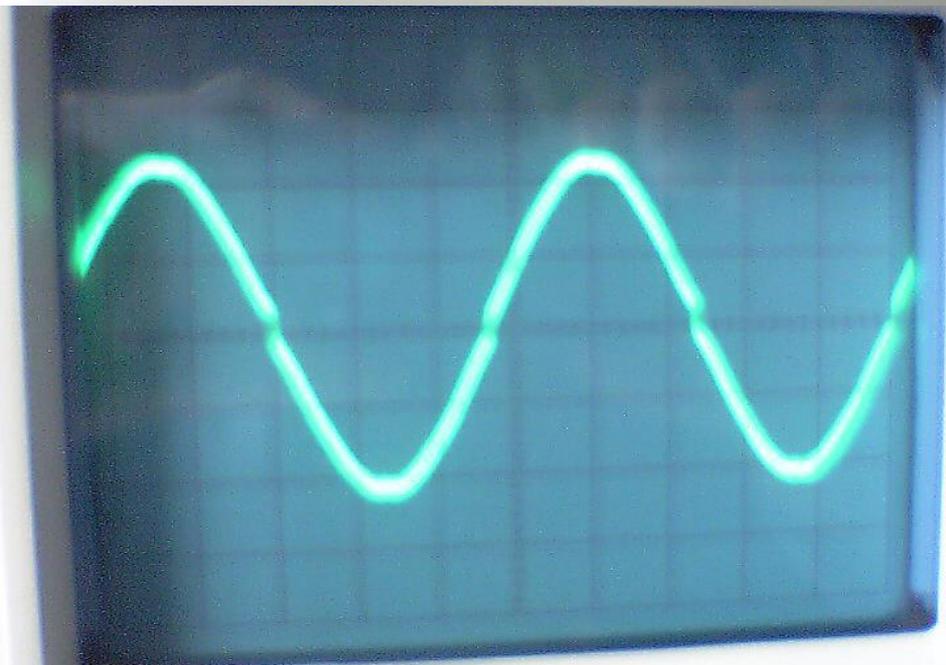
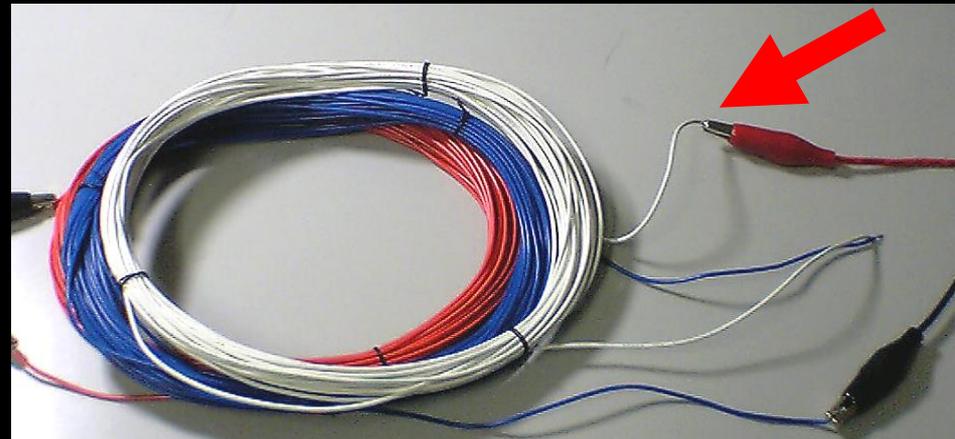
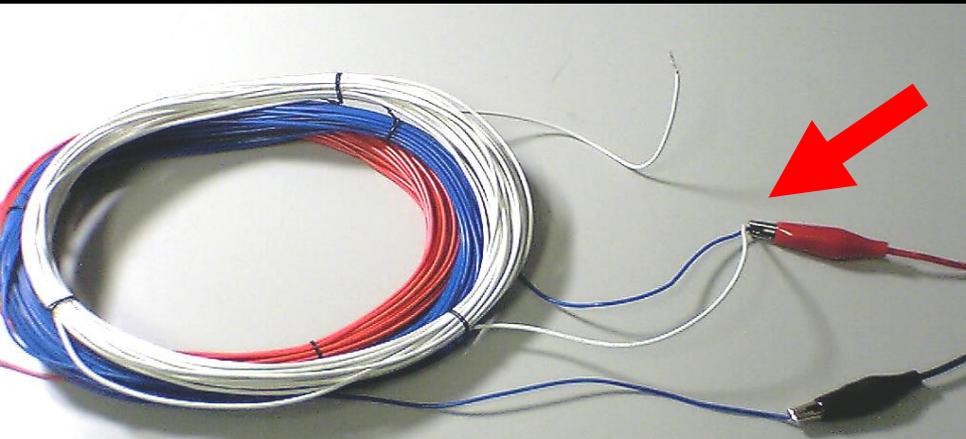
オシロスコープ側



発振器側



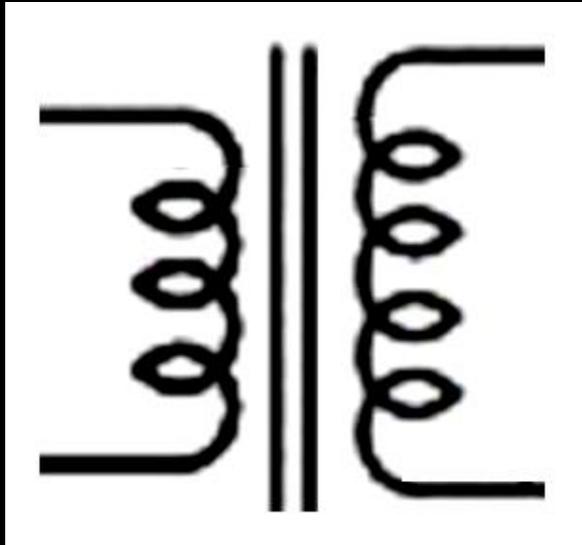
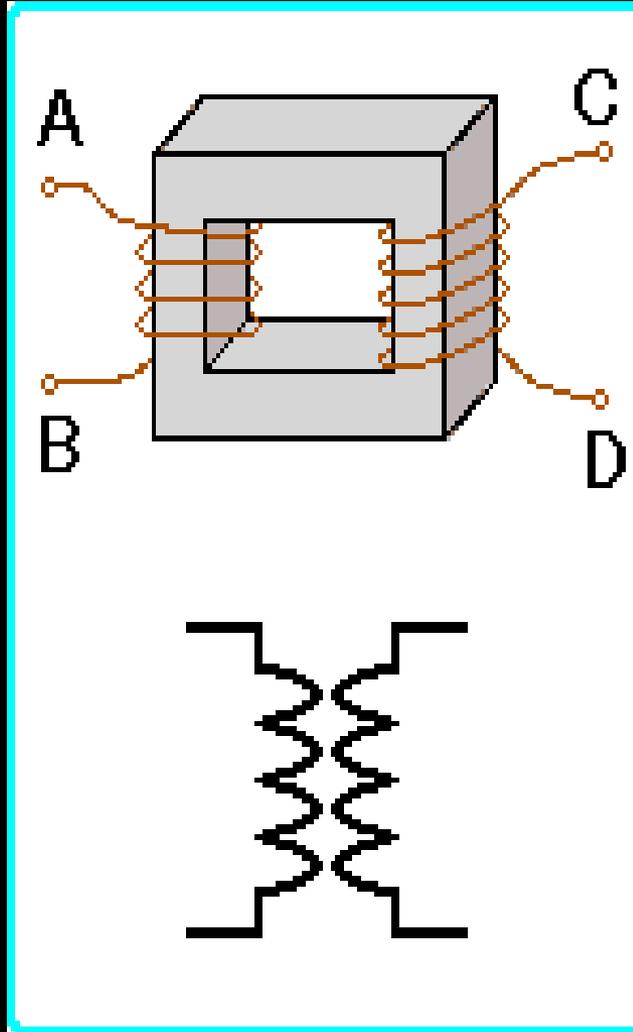
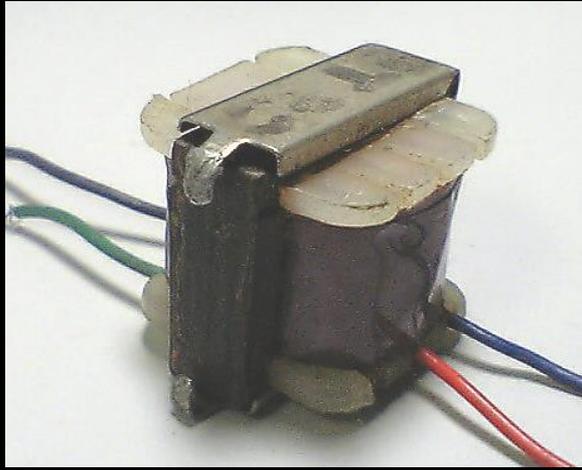
インダクタンスの巻き数が 2倍になると
出力電圧も 2倍に増加することを確認して下さい。



変圧器 (トランス)

交流電圧を変化させる。

鉄芯に複数のコイルを巻いたもの。



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)

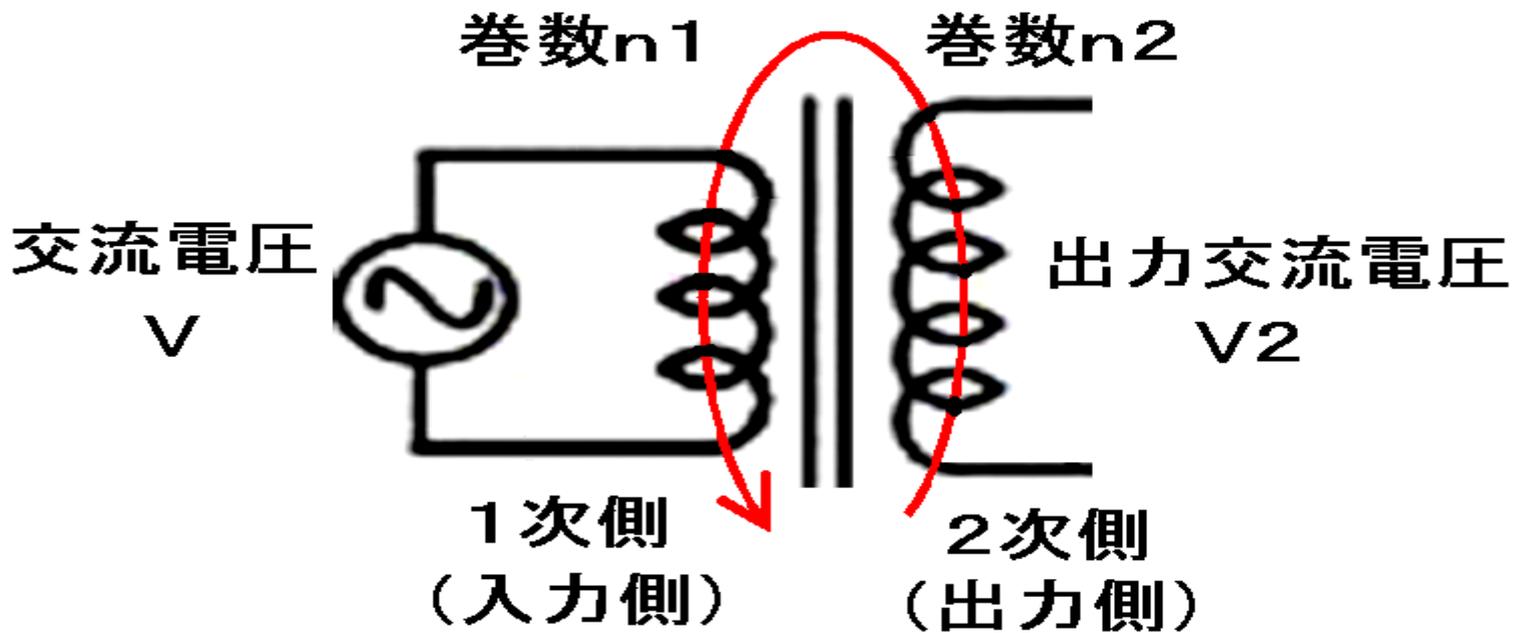
コイルに流れる電流 I の1秒間の変化で、コイル内部の
磁界が変化し、コイルに交流電圧 V が発生するとき、

電圧 (V) = n L dI/dt (n は巻き数)

(= インダクタンス x 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。

$$V = n1 L \frac{dI}{dt}$$

$$V2 = n2 L \frac{dI}{dt}$$

したがって、出力電圧 $V2 = n2/n1 \times V$
出力電圧は巻き数の比率 (巻線比) で決まる。