

実験1

令和2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、

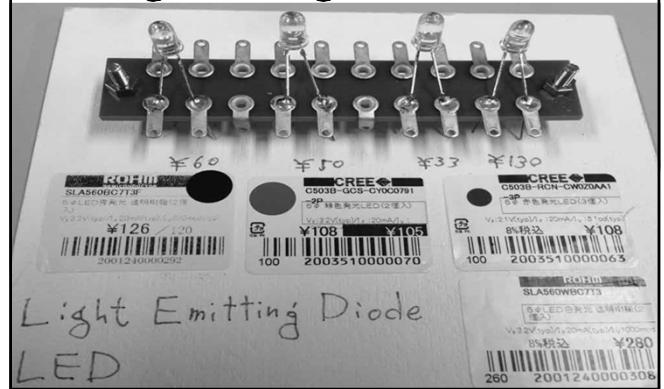
電磁誘導について、実験を通して

知識の整理をします。

1

発光ダイオードの実験

LED (Light Emitting Diode)



2

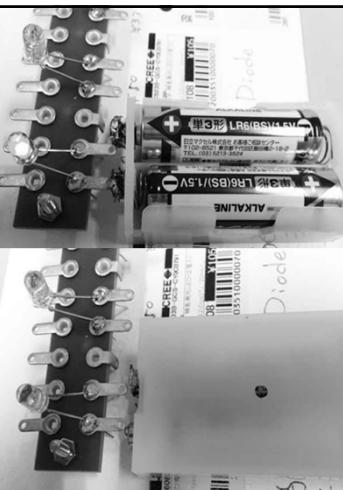
それぞれのLEDに3Vの電圧を加える。

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。)

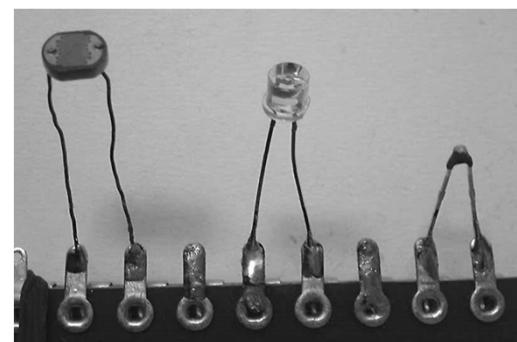


3

センサ sensor (トランジスデューサ)の実験

温度や明るさの情報を、抵抗値や電圧などの

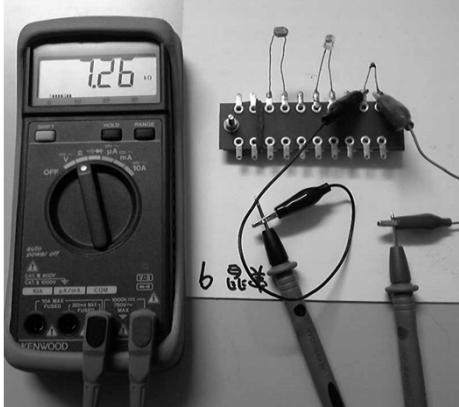
電気信号情報に変換するセンサの動作を確かめる。



4

サーミスタ Thermistor

温度の情報を、抵抗値に変換するセンサ



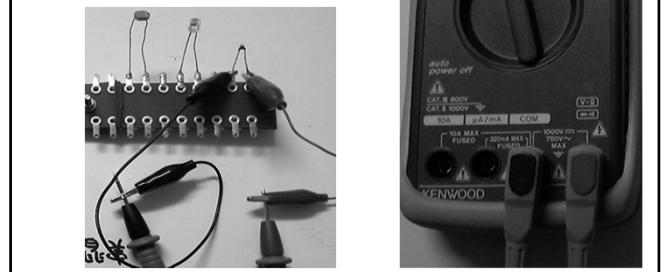
5

サーミスタの端子を、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、

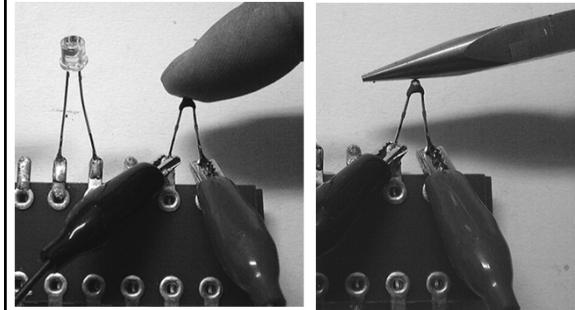
V、Ω 端子に赤コードを接続。

ロータリースイッチはΩに設定。



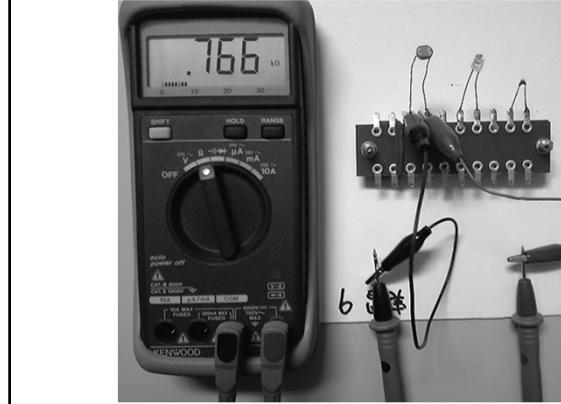
6

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。



7

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



8

CdS 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Ωに設定。



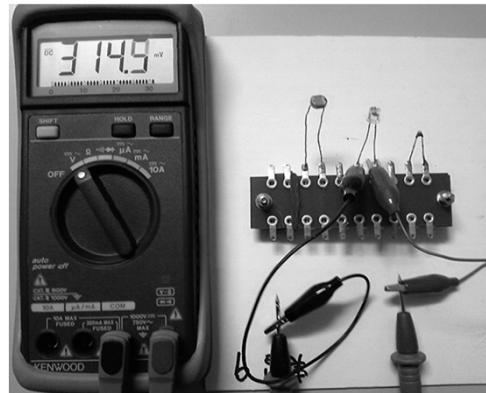
9

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。



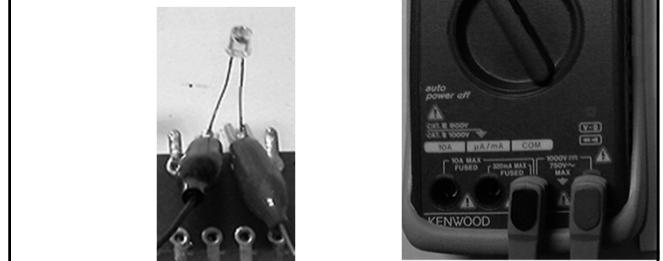
10

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



11

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。



12

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。



13

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

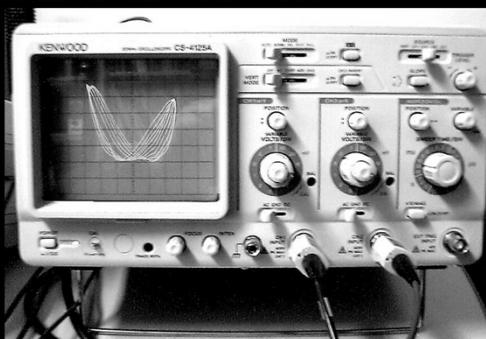
コンピュータに、信号の波形データがデジタル信号としてAD変換されて取り込まれ、波形データおよびデータ解析波形などが、画面に表示される。

14

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)



15

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。



16

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)



17

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。



18



19



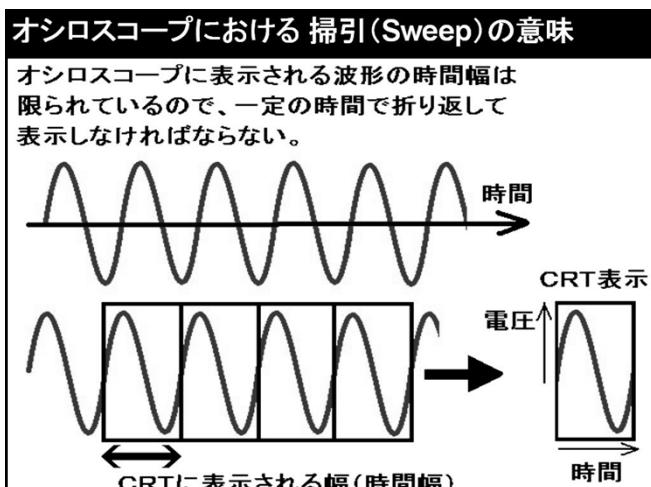
20



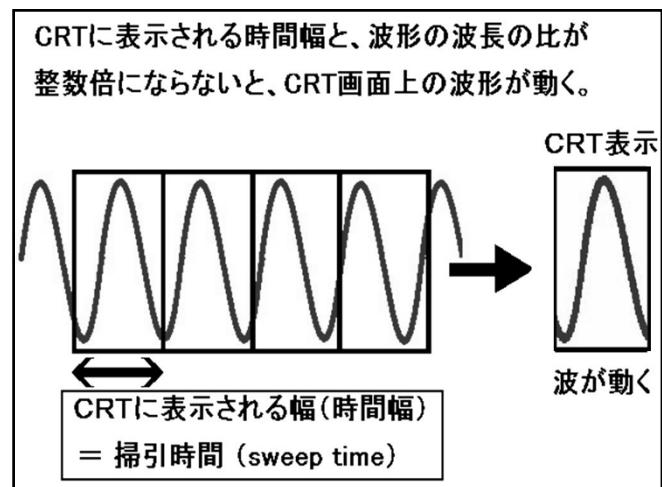
21



22



23

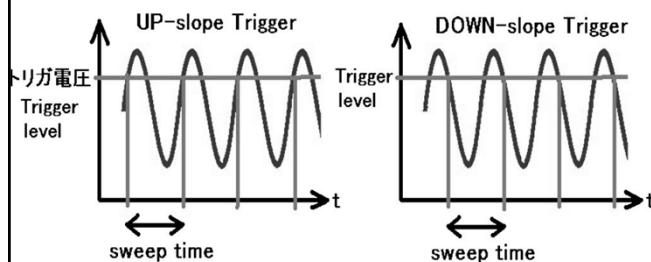


24

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している。

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。



25

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。

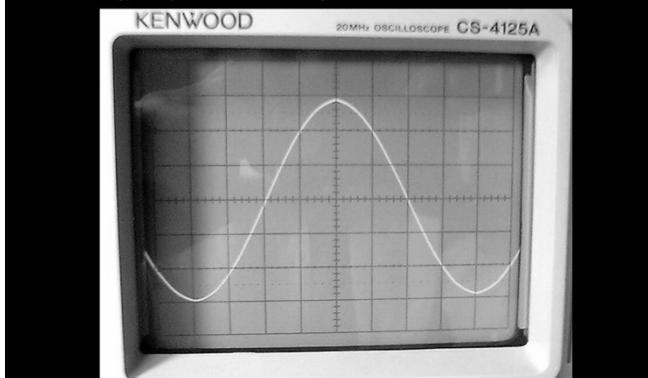
Trigger level を動かすと波形が動くことを確認して下さい。



26

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。



27

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。

29

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)



28

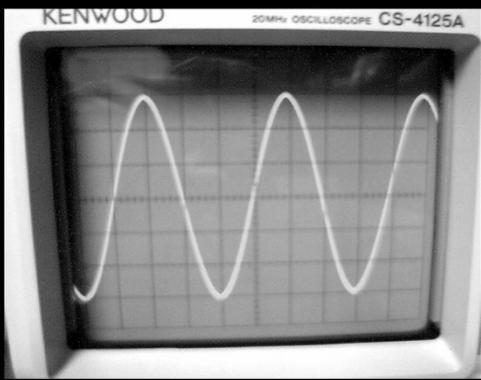
発振器の電源を切って、オシロスコープに接続したプローブのプラスおよびマイナス端子を手で触ると、CRT上に、50Hzの歪んだ正弦波が表示されることを確かめて下さい。

この信号は何を測定しているか、考えて下さい。



30

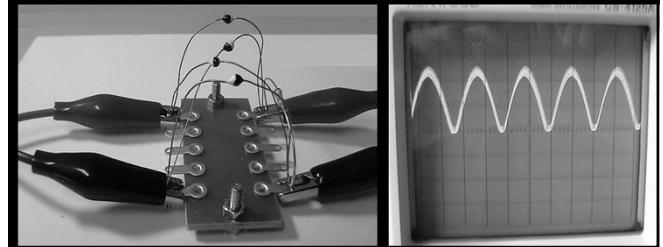
発振器の周波数を 100Hzにして、
表示される波形の波長が4cmに縮むことを確認して下さい。
(1波長が 1/100 秒になっていることを理解して下さい。)



31

整流回路の実験

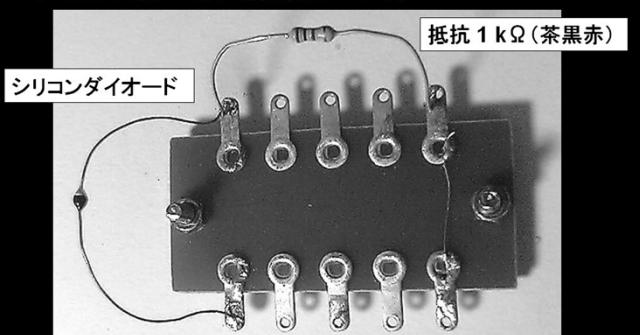
ダイオードとコンデンサを使って、
整流回路（交流を直流に変換する回路）を
発振器とオシロスコープを用いて観察し、理解する。



32

実験 1 半波整流

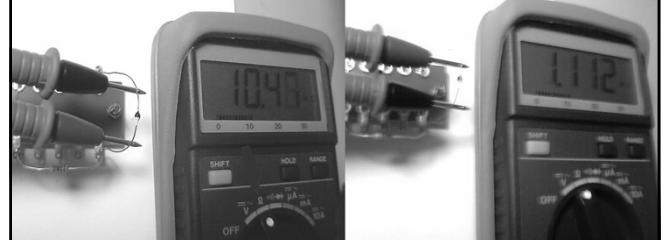
ラグ板に、ダイオードと $1\text{k}\Omega$ の抵抗をハンダ付けする。
ダイオードの端子には極性があるので注意する。
白く塗られた側の端子を抵抗とつなぐ。



33

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。

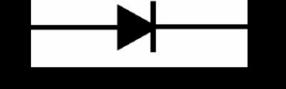


34

 10M Ω
ダイオードは、電流の向きで
抵抗値が10倍近く異なる。

 1 M Ω
高級なダイオードほど
抵抗差が大きい。

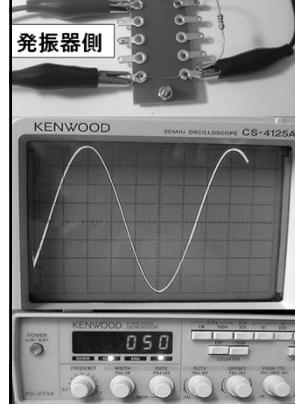
実習用のダイオードは、
最も安い製品（1個 5 円）。


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。

 オシロスコープ側

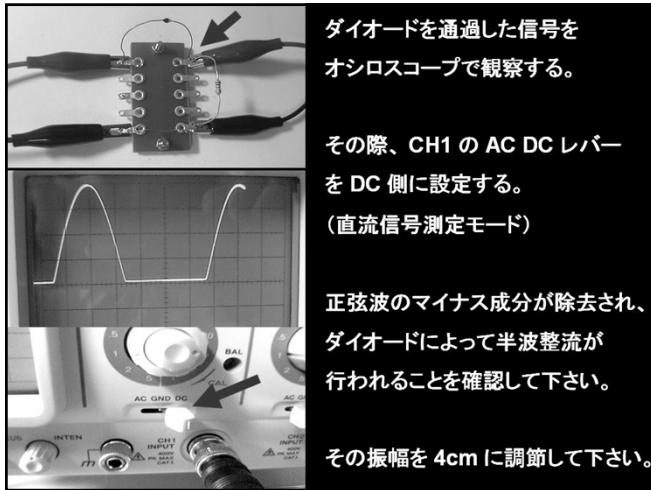
発振器の周波数を 50 Hz に設定。
(商用交流と同じ周波数に設定。)

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。



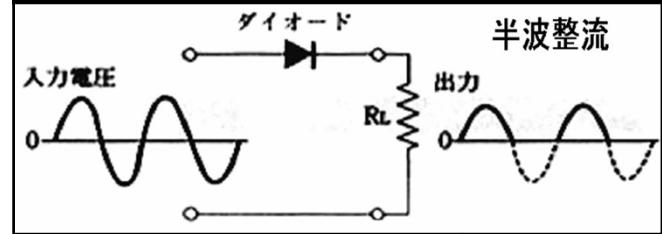
35

36

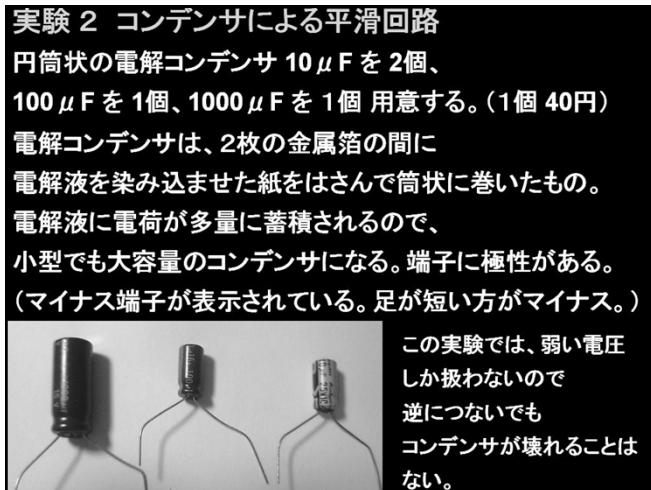


37

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。

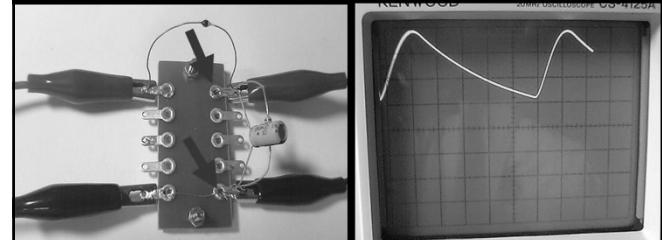


38

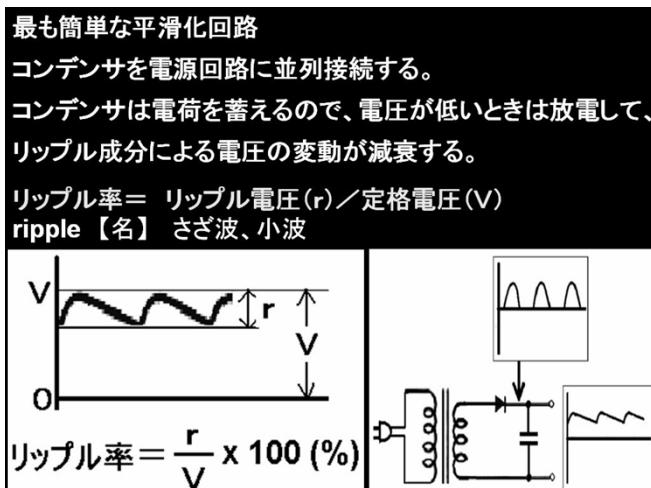


39

半波整流回路の抵抗と並列になるように、
 $10\mu\text{F}$ 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。

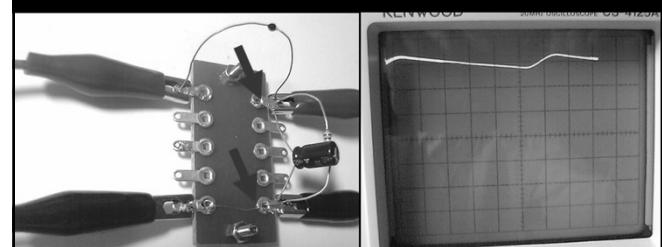


40



41

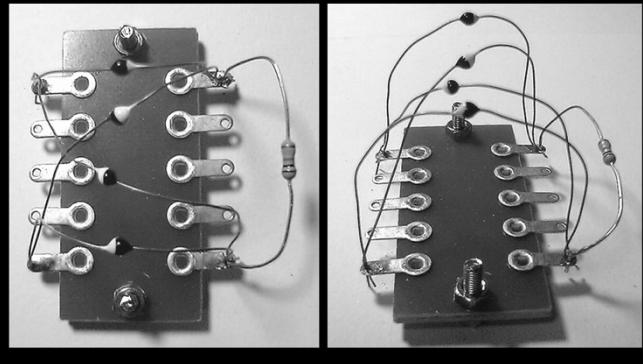
$100\mu\text{F}$ のコンデンサを、抵抗に並列接続して、
脈流のリップル率を計算する。
平滑化コンデンサ $10\mu\text{F}$ 1個の場合に比べ、
リップル率が $1/10$ 程度に改善されることを確認して下さい。



42

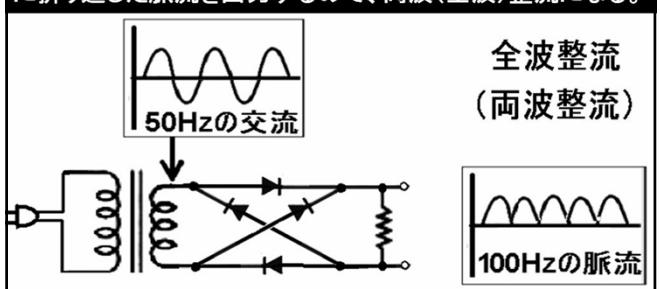
実験 3 全波整流

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。



43

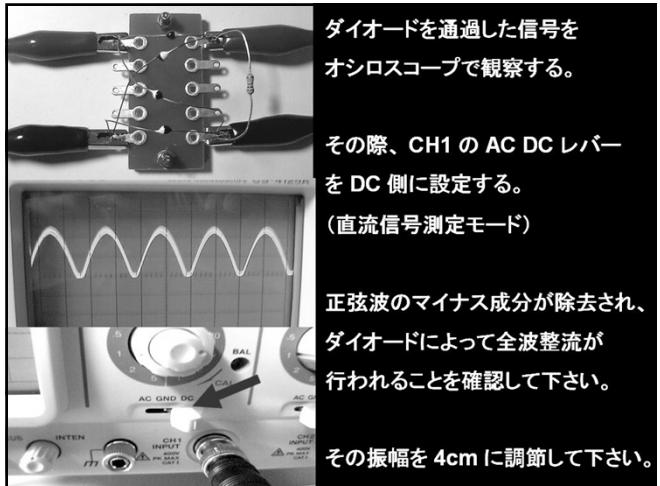
半波整流による脈流は、
交流電力の半分を捨てているので効率が悪い欠点をもつ。
ダイオードを4個ブリッジ状につないだ回路(ブリッジ回路)
による整流(ブリッジ整流)は、交流のマイナス成分をプラス
に折り返した脈流を出力するので、両波(全波)整流になる。



44



45



46

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。



47

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)

48

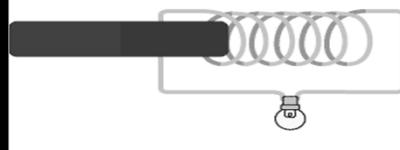
inductance【名】

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））

コイルの電気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

49

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。

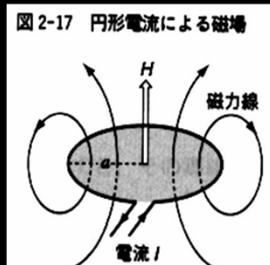
磁界が変化したときも、同じ理由で電流、電圧が発生する

50

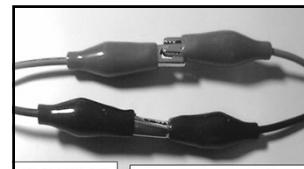
磁界（磁場） Magnetic field

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。



51



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。



52

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。



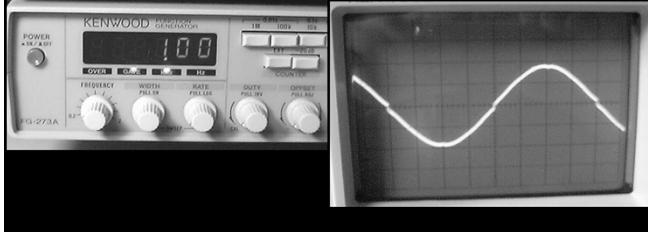
53

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。



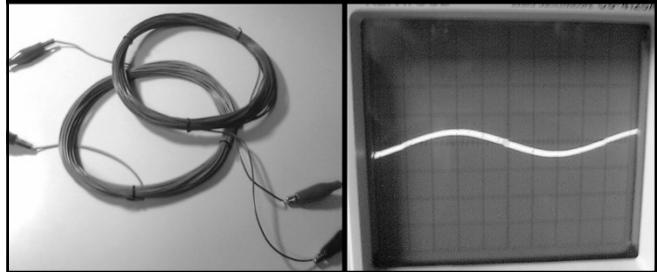
54

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。



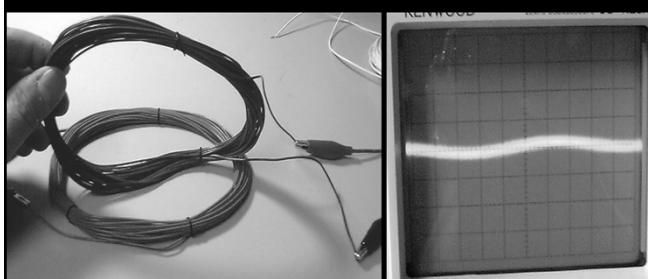
55

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



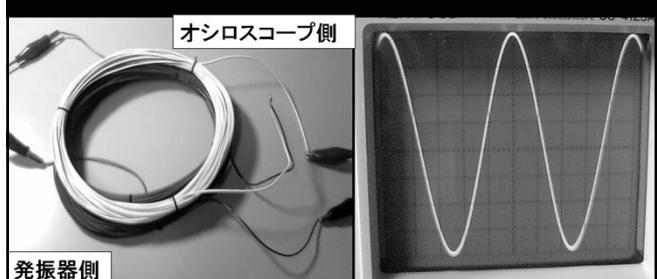
56

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。



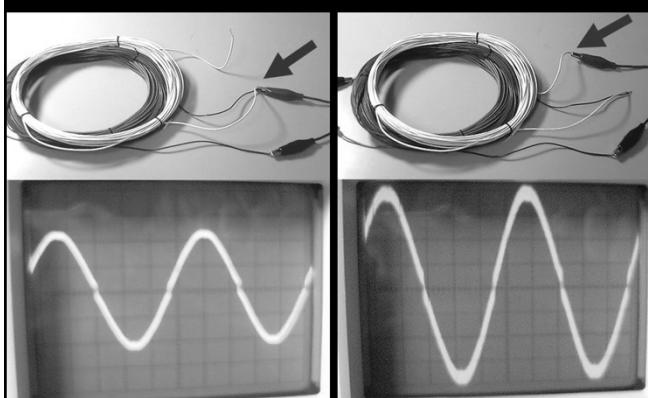
57

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。)



58

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。



59

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、

$$\text{電圧}(V) = n \cdot L \cdot dI/dt \quad (n \text{ は巻き数})$$

(= インダクタンス × 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。

60

