自然科学実験　２,オシロスコープ

1.目的

オシロスコープの基本的な使用法を学び、簡単な実験に応用する。

2.原理

1)　オシロスコープ

垂直偏向電極

蛍光面

水平偏向電極

電子銃

図１,オシロスコープの構造(ブラウン管)

オシロスコープは図１のように、表示部分であるブラウン管が最も本質的な部分である。ブラウン管は電子銃、偏向電極、蛍光面からなる。電子銃は、陰極から出た電子を一定速度まで加速し細いビーム状の電子流にする。電子流は2組の偏向電極の電界を通過した後、蛍光面に当たり輝点を生じる。2組の偏向電極の向きは直交しているので、輝点はそれぞれの電極に加えられた電圧に比例して水平方向（*Ｘ*軸方向）と鉛直方向（*Ｙ*軸方向）に独立に変位する。

2)　時間掃引

時間ｔとともに直線的に変化する掃引電圧をＸ軸に加えると、輝点は水平方向に等速運動をする。したがって、時間的に変化する信号を同時にＹ軸に加えると、の図形が表示される。信号波形が周期的な場合は、時間掃引を繰り返すことによって、波形を断続的に表示できる。しかし、掃引の周期が信号に周期と無関係だと、掃引毎に波形の位置が一定にならず、波形が移動して見える。波形を静止させるために掃引の周期を信号に周期の整数倍にすることを同期という。同期をとるために、掃引開始(trigger)を波形の１周期内の同じ点に合わせればよい。まず、掃引開始の電圧(level)を設定する。そして掃引速度を速くすれば、時間が短縮し波形の一部だけが表示され、遅くすれば何周期も連続した波形が表示される。このように、表示したい入力信号を利用する同期方法をinternal triggerという。これに対し、表示したい信号とは別の信号によって同期をとる方法をexternal trigger

という。さらに、オシロスコープに電力を供給している電源(line)の50Hzまたは60Hzの正弦波による同期をline triggerという。何にも同期を取らない掃引をfree runという。

入力端子が２つ以上あるオシロスコープでは、複数の信号を同時に表示することができる。これによって、信号の周波数比や位相差などを容易に調べることができる。

3)　X-Y動作

Y軸だけでなくX軸にも外部の信号を加える使い方をX－Y動作と言う。2つの信号をX軸とY軸に別々に加えると、両者の関係が図形になってブラウン管に表示される。両者の信号が正弦波のとき、ブラウン管にはリサージュ図形（Lissajous figure）が表示される。

4) リサージュ図形

リサージュ図形（リサージュ波形）は一般に

　x=Asin(ωｔ)  
　y=Bsin(ωｔ+δ)　（δは位相差）  
と時間ｔを媒介変数として表されている。この単振動する２つの信号をある時、時間ｔを連続して変化させながらプロットしたとき得られる軌跡がリサージュ図形である。上記の2式よりｔを消去した図形がリサージュ図形の式となる。このリサージュ図形をの形から、二つの正弦波の周波数を調べることができる。

表１.リサージュ図形の例

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1:1 |  |  |  |  |  |

5)　トリガー機能

オシロスコープは通常周期波形（正弦波、矩形波、その他周期現象）を観察するための装置なので、周期現象の波形を複数周期、位相をあわせ重ねあわせることにより、波形が静止してみることができます。その波形のどの部分をブラウン管の左端に持ってくるかを決めるのがトリガー機能である。

3.実験方法

1. 回路図

図２．回路図

オシロスコープ

カウンター

受信機

受け

送

1. 方法

Ⅰ,まず上図２のように回路を組み、カウンターの値を40kHzくらいになるように調整した。

Ⅱ,スピーカーとマイクロフォンの間の距離*l*をオシロスコープの正弦波の10波長分間隔で移動しその時の*ｌ*を計測した。

Ⅲ,計測した各lから一波長分の長さを求め、平均値を出し、*v=fλ*よりｖを求めた。

４．結果

カウンターの値は40.043Hzだった。

表２,各々の測定値

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 回数 | 受信機の位置　(cm) | 10波長分の位置(cm) | 10波長分の長さ(cm) | 波長の長さ(cm) | 残差　δ (cm) | () |
| 1 | 6.2 | 15.1 | 8.9 | 0.89 | 0.024 | 0.00058 |
| 2 | 15.1 | 23.8 | 8.7 | 0.87 | 0.004 | 0.00002 |
| 3 | 23.8 | 32.4 | 8.6 | 0.86 | -0.006 | 0.00004 |
| 4 | 32.4 | 41.2 | 8.8 | 0.88 | 0.014 | 0.00020 |
| 5 | 41.2 | 49.5 | 8.3 | 0.83 | -0.036 | 0.00130 |
| 6 | 49.5 | 58.1 | 8.6 | 0.86 | -0.006 | 0.00004 |
| 7 | 6.2 | 15.1 | 8.9 | 0.89 | 0.024 | 0.00058 |
| 8 | 15.1 | 23.7 | 8.6 | 0.86 | -0.006 | 0.00004 |
| 9 | 23.7 | 32.3 | 8.6 | 0.86 | -0.006 | 0.00004 |
| 10 | 32.3 | 41 | 8.7 | 0.87 | 0.004 | 0.00002 |
| 11 | 41 | 49.5 | 8.5 | 0.85 | -0.016 | 0.00026 |
| 12 | 49.5 | 58.1 | 8.6 | 0.86 | -0.006 | 0.00004 |
| 13 | 6.3 | 15.1 | 8.8 | 0.88 | 0.014 | 0.00020 |
| 14 | 15.1 | 23.7 | 8.6 | 0.86 | -0.006 | 0.00004 |
| 15 | 23.7 | 32.4 | 8.7 | 0.87 | 0.004 | 0.00002 |
| 平均 |  | | | 0.866 | 合計 | 0.00336 |

よって＝0.866cmとなった。

平均の標準偏差は

よりn=15とすると=0.004となった。

故に±は(0.866±0.004)cmとなる。

また、ｖ＝ｆλよりｆ＝40043Hz、λ＝0.00866ｍを代入すると

＝346.77ｍ/sとなる。

音速の文献値は＝331.45＋0.607t（ｔは温度℃）で求まるのでｔ＝19.7とすると

　＝343.41ｍ/sとなった。

５,考察

今回の実験で得られた音速は文献値と0.98％誤差があった。この誤差の要因として

Ⅰ,受信機と送信機との距離ｌを測るのに目の粗い金尺を使ったので測定するのに誤差が生じた。

Ⅱ,音速は部屋の温度だけでなく湿度、風などからも影響を受けるので誤差が生じた。

Ⅲ,受信機に平行に送信機を動かすことができなかった。

Ⅳ,オシロスコープを通したのでその内部抵抗によって誤差が生じた。

などがあげられる。

用途

オシロスコープは電気機器の故障解析などに使われている。予測された波形が観測されなければそのオシロスコープをつなげた所が故障していることがわかる。

LCR回路をオシロスコープで観察することで観察し位相差を求めることで過渡特性を調べることができる。またインピーダンスも求めることができる。

RC回路の位相差の測定ができる。

その他

今回の実験で用いたオシロスコープのブラウン管は垂直偏向板と水平偏向板を備えていてそれらに電圧をかけて電界を作り、クーロン力によって電子ビームを曲げる静電偏向型ブラウン管[電圧制御型]で、全長は長くなるが精度が高くなるものを利用したが、他にも偏向板のかわりにコイルを使い、そこに電流を流して磁界を作り、ローレンツ力によって電子ビームを曲げる電磁偏向型ブラウン管[電流制御型]もある。  
なぜブラウン管に波形が表示されるのかというと陽極と陰極の間に直流高電圧（加速電圧）を加えると、陰極から電子は加速され、高速の電子銃を生じる。陽極の中央に小孔をあけておくと、電子銃は小孔を通り直進し、これが蛍光面に当たると、その部分が発光する。この点を輝点という。

６,結論

オシロスコープはブラウン管が最も本質的な部分で、電子銃、偏向電極、蛍光面からなる。電子銃から出た電子流は2組の偏向電極の電界を通過した後、蛍光面に当たり輝点を生じる。2組の偏向電極の向きは直交しているので、輝点はそれぞれの電極に加えられた電圧に比例して水平方向と鉛直方向に独立に変位する。

この実験での、音速の測定結果は346.77ｍ/sで文献値と0.98%の誤差があった。

７.参考文献

「理工学部1年　自然科学実験　物理学編　2009」　　　慶応義塾大学理工学部，2009

「新編基礎物理学実験」　産業図書株式会社　管井繁　1989

「入門物理学実験」　コロナ社　伊藤敏　2003