１、実験目的

　　　オシロスコープは電気計測において必要である。ここでは、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、実験原理

　２－１　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度運動をする。したがって、時間的に変化する信号*Ｖ*（*ｔ*）を同時にＹ軸に加えると、*Ｖ*（*ｔ*）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、波形を継続的に表示できる。しかし、掃引の周期が信号の周期と無関係だと、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の周期の整数倍にすることを同期という。同期を取るために、掃引開始(trigger)を波形の１周期内の同じ点に合わせればいい。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。

　２－２　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動作という。２つの信号をＸ軸とＹ軸に別々に加えると、両者の関係を一目で見ることができる。両方の信号が正弦波のときに描かれる図形をリサージュ図形(Lissajous figure)という。この図形から、２つの信号の周波数比や位相差を容易に測定できる。

３、実験方法

　３－１　音速の測定

　　　オシレーターの周波数を４０ｋＨｚに合わせ、超音波発信器に接続し、発信器と受信器とオシロスコープをＸ―Ｙ動作で接続した。発信器と受信器を向かい合わせてセットし、ブラウン管の波形で発信器と受信器の位相が一致することを確認しながら１波長ずつ離していき、その距離を定規で測定した。また、１０波長分離した時の距離も測定した。これは、リサージュ図形を利用しない場合とする場合の２通り測定した。

４、結果

以下に、応用課題２の測定結果を示す。

表１．応用課題２の波長の測定結果（1波長ずつ）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| i | 測定値／ｍｍ | 波長λi／ｍｍ | δi／ｍｍ | δi＾２／ｍｍ＾２ |
| 1 | 9.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 9.10 | 9.10 | 0.10 | 0.01 |
| 3 | 9.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 9.10 | 9.10 | 0.10 | 0.01 |
| 5 | 9.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 9.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 8.90 | 8.90 | -0.10 | 0.01 |
| 8 | 9.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 8.90 | 8.90 | -0.10 | 0.01 |
| 10 | 9.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 |
|  | λの平均値／ｍｍ | 9.00 | δi＾２の合計／ｍｍ＾２ | 0.04 |

　上の表から算出した平均の実験標準偏差は0.02 mm

　ゆえに、λ＝9.00±0.02 mm

　ここで、ν＝ｆλより音速を計算すると（ｆ＝39.8ｋHｚ）

　ν＝358.2±0.8 m/s

表２．応用課題の波長の測定結果（10波長、リサージュなし）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| i | 測定値／ｍｍ | 波長λi／ｍｍ | δi／ｍｍ | δi＾２／ｍｍ＾２ |
| 1 | 87.9 | 8.79 | -0.058 | 0.003364 |
| 2 | 88.5 | 8.85 | 0.002 | 0.000004 |
| 3 | 88.6 | 8.86 | 0.012 | 0.000144 |
| 4 | 88.9 | 8.89 | 0.042 | 0.001764 |
| 5 | 88.7 | 8.87 | 0.022 | 0.000484 |
| 6 | 88.8 | 8.88 | 0.032 | 0.001024 |
| 7 | 88.0 | 8.80 | -0.048 | 0.002304 |
| 8 | 88.1 | 8.81 | -0.038 | 0.001444 |
| 9 | 88.4 | 8.84 | -0.008 | 0.000064 |
| 10 | 88.9 | 8.89 | 0.042 | 0.001764 |
|  | λの平均値／ｍｍ | 8.85 | δi＾２の合計／ｍｍ＾２ | 0.012360 |

　上の表から算出した平均の実験標準偏差は0.01 mm

　ゆえに、λ＝8.85±0.01 mm

　ｆ＝39.8 kHzより

　ν＝352.2±0.4 m/s

表３．応用の波長の測定結果（10波長、リサージュ図形使用）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| i | 測定値／ｍｍ | 波長λi／ｍｍ | δi／ｍｍ | δi＾２／ｍｍ＾２ |
| 1 | 87.5 | 8.75 | -0.08 | 0.0064 |
| 2 | 88.5 | 8.85 | 0.02 | 0.0004 |
| 3 | 88.4 | 8.84 | 0.01 | 0.0001 |
| 4 | 88.1 | 8.81 | -0.02 | 0.0004 |
| 5 | 88.6 | 8.86 | 0.03 | 0.0009 |
| 6 | 88.5 | 8.85 | 0.02 | 0.0004 |
| 7 | 88.7 | 8.87 | 0.04 | 0.0016 |
| 8 | 88.2 | 8.82 | -0.01 | 0.0001 |
| 9 | 88.0 | 8.80 | -0.03 | 0.0009 |
| 10 | 88.5 | 8.85 | 0.02 | 0.0004 |
|  | λの平均値／ｍｍ | 8.83 | δi＾２の合計／ｍｍ＾２ | 0.0116 |

　上の表から算出した平均の実験標準偏差は0.01 mm

　ゆえに、λ＝8.83±0.01 mm

　ｆ＝39.8ｋＨｚより

　ν＝351.4±0.4 m/s

５、考察

　５－１　実験書ｐ４５の質問に対する答え

　　Ａ．時間掃引

　　（１）波形の周波数と振幅を正しく読むためには、感度ダイヤルを調整してスクリーン上に描かれた目盛りが鮮明になるようにしたり、TIME/DIVダイヤルを適正にしたりして観測しやすいようにすることが必要である。

　　　　　TIME/DIVダイヤルを回して出した正弦波を静止させるために切り替えスイッチをINTにし、LEVELつまみを調節してtriggerのかかる状態にすることで、正弦波は停止した。また、slopeを変化させると波形の上下が逆転した。矩形波にすると正弦波の最大振幅と同じ大きさの振幅で一定間隔点線が現れた。

　　（２）発振器の周波数を約50、100、150、…Hzと50の整数倍にしたとき波形は停止した。

　　（３）ＡＣ結合では、入力信号の直流成分をコンデンサーでカットし、交流成分のみを増幅して垂直偏向板に送る。そのため今回の実験のオシレーターのような交流電源を使用する際、微弱に含まれる余計な直流成分を完全に無視できる。

Ｂ．Ｘ―Ｙ動作

　　（１）ブラウン管に右上がりの直線が現れた。

　　（２）リサージュ図形が現れた。

　５－２　応用実験２に対する考察

　　・理論値との比較

　　　　ν＝331.45＋0.607ｔ m/s

の式から理論値を求めてみる。

室温ｔは25℃だったので、理論値は

　ν＝346.6 m/s

結果を見てみると、リサージュ図形を使い、10波長分測ったときの値が最も近いことが分かる。そして、その誤差は1.4%と、かなり近い値が得られた。

　　・実験方法について

　　　　まず、1波長ずつ測る方法と10波長分測る方法の違いについて考える。

　　　1波長ずつ測ると、その値がそのまま波長の値と一致するが、10波長分測る方では、計測値を10で割った値が波長になる。

　　　そのため、自動的に平均をとる形となっているので、より正確な値が得られると考えられる。

　　　　次に、リサージュ図形を使う場合と使わない場合の違いについてだが、ひとつ分の波長をずらす時の基準が、リサージュを使わない場合は２つの正弦波が重なるところであり、正確に測るのはやや難しい。一方、使う場合はリサージュ図形の楕円が直線になるところであり、こちらの方は比較的判断しやすい。そのため、リサージュ図形を利用した方がより正確な値を求められると考えられる。

　　・その他

　　　　今回の実験で、誤差を出した要因として挙げられるのは、金尺を使用したことや、室温の計測が正確でなかったことなどである。金尺は、あまり細かい数値まで測れないし、精度も良くないので、そこを改善すればより正確な値を出すことができたと考えられる。また、同じ室内でも場所によって気温は若干変わってくるので、さらに精度を上げようとするならば、そこも考慮すべきである。

６、参考文献

　実験書：