ストロボ装置 HS-250D形

デジタル形

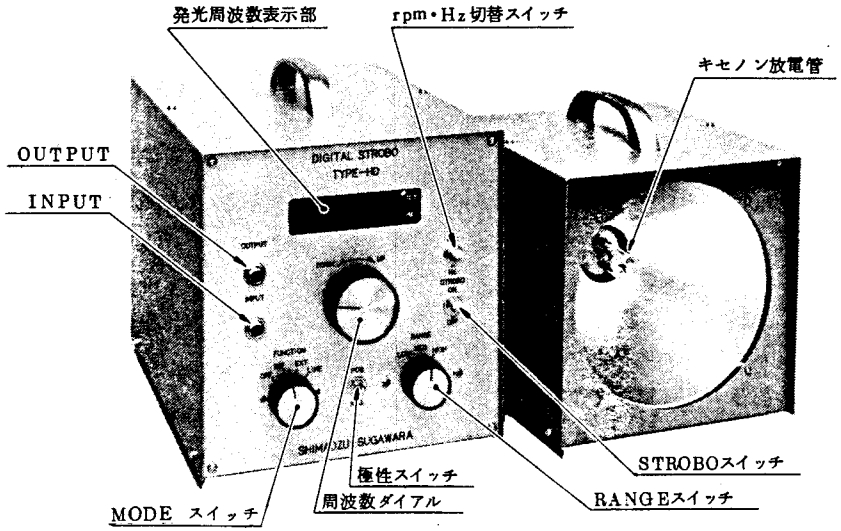


図1　ストロボ装置HS－250形外形図

概　要

大形ＬＥＤ（発光ダイオード）を使用したデジタル表示のストロボ装置です。

高精度の水晶発振器を組込み1～250Hzまで幅広い周波数の発光が得られます。なおシグナルコントローラGA－100形を併用すると更に幅広く利用できます。

使用例

① 回転数や振動数の測定：おんさや弦の振動数、モーターの回転数の測定など

② 回転や振動をゆっくり観察する方法：おんさや弦の振動の観察、モーターなど回転体の観察

③ 多重写真による運動の解析：等速度運動、等加速度運動、円運動、単振動および各種スポーツの解析など

④ 高速瞬間撮影：単一発光による高速瞬間現象をとらえる。（ミルククラウン、だるま落し、電球に弾丸の衝突した瞬間など）

特　長

1. 高輝度キセノン放電管を使用しているので、とくに感度の高いフィルムは必要としません。
2. 高精度の水晶発振回路を採用しているので、安定した発光周波数表示が得られます。
3. EXT. INPUT用ジャックを使用し、外部からの信号に同期させて発光させることができます。
4. SCRと大形トリガトランスにより、余裕のあるトリガ電圧で作動させているので、トリガ電圧による発光ミスがありません。
5. 発光部が本体と独立しているので任意の場所での測定、写真撮影ができます。
6. ストロボスイッチにより、発光のみを停止させることができるので、不必要な発光が無く、放電管がなが持ちします。

仕　様

1. 電　　源　AC100V 60/50Hz 約50VA
2. 発光方式　キセノン放電管発光形
3. 発光周波数　L：1～7Hz（60～420rpm）
   M：6～42Hz
   （360～2520rpm）
   H：36～252Hz
   （2160～15120rpm）
4. 放電管入力　15Ws max
5. 発　　間　3～12 μs
6. 周波数精度　±（10^{-4} Hz＋1digit）
7. 表　　示　LED　4½桁
8. 外部同期　電源同期：50または60Hz
   電気信号同期：4～10Vpの正または負のパルス波
   接点信号同期：メイクおよびブレーク
9. 出力信号電圧　約8Vpの正パルス波
10. 大きさ　本体　幅190×奥行き270×高さ220㎜
    ランプハウス　幅160×奥行き185×高さ200㎜
11. 重　　量　本体　約7.5㎏
    ランプハウス約2㎏
12. 付属品　EXT. INPUT用コード　1本
    OUTPUT用ジャック　1コ
    ビニールカバー　1枚
    スライド写真　6枚

ストロボの原理

ストロボ装置（ストロボスコープ）は、人間の視覚の残像効果を利用することにより、周期的な運動体、たとえば回転体や振動体を止まった状態にして、観察したり、回転数や振動数を測定する装置です。

今、一定の回転数で回転している円板の回転数を測定しようとする場合を考えます。図2のごとく、回転円板の前にストロボ装置をおき、ある周波数で発光させ、円板に照射させます。この場合、円板に1本の線をしるすか、または円板の外周に近いところになんらかの像をしるしておけば、測定が容易になります。また、周囲が暗いほど、像が見やすくなります。円板の回転数が3000rpmであったとすると、発光周波数が50Hz（3000rpm）の時は、像が1本だけ静止して見えます。像が1本だけ見えるのは、円板の回転数と発光周波数が同一の場合のほか、円板の回転数の整数分の1の発光周波数の場合であります。

ここで、3000rpmの回転円板に対する発光周波数とストロボ像の関係を表1に示します。

$\frac{\text{発光周波数}}{\text{回転数}}$ の値において、約分した時の分子の値の数だけ静止像が観測できます。

注意：この場合Hz、rpmのどちらかに単位を統一して計算します。

このように、円板の回転数と発光周波数とがある関係にある場合に像が止まり、その他の場合は像が回転して見えます。この関係から円板の回転数を知り、また静止像を利用して運動している物体の、ある位置における状態を観察します。

さらには、カメラを利用することによ

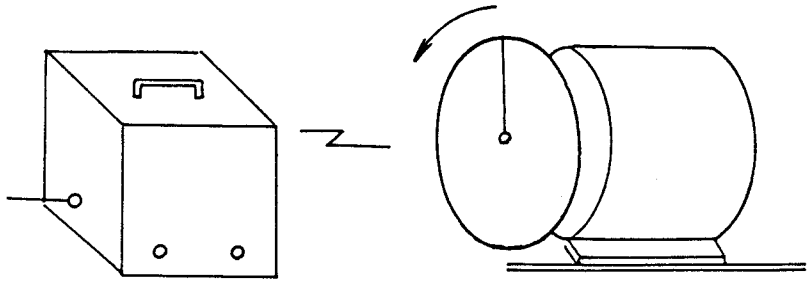


図2　回転円板の測定法

表1　回転数に対する発光周波数とストロボ像との関係

円板の回転数 rpm	発光周波数 Hz	発光周波数 / 回転数	観測できる静止像の個数
3000 (50Hz)	10	$\frac{1}{5}$	1
	16.6	$\frac{1}{3}$	1
	20	$\frac{2}{5}$	2
	30	$\frac{3}{5}$	3
	33.3	$\frac{2}{3}$	2
	40	$\frac{4}{5}$	4
	50	1	1
	60	$\frac{6}{5}$	6
	66.6	$\frac{4}{3}$	4
	70	$\frac{7}{5}$	7
	80	$\frac{8}{5}$	8
	83.3	$\frac{5}{3}$	5
	100	2	2

り、落体や、放物体、ころがり、動物の動き等を写真記録により観察・測定ができます。

本器の発光原理

本器のブロックダイアグラムを図3に示します。

本器は、その出力をトランジスタ増幅器に与え、低インピーダンスとして取り出しています。この信号をSCRに加えることによりトリガパルス電圧を得てパルストランスに与えます。そしてパルストランスによって、キセノン放電管を駆動させるに必要な5～7 kVp のトリガパルス電圧で発光させています。この高電圧トリガパルスはキセノン放電管の引き金の役目をするもので、発光のエネルギーは充放電回路から供給されます。

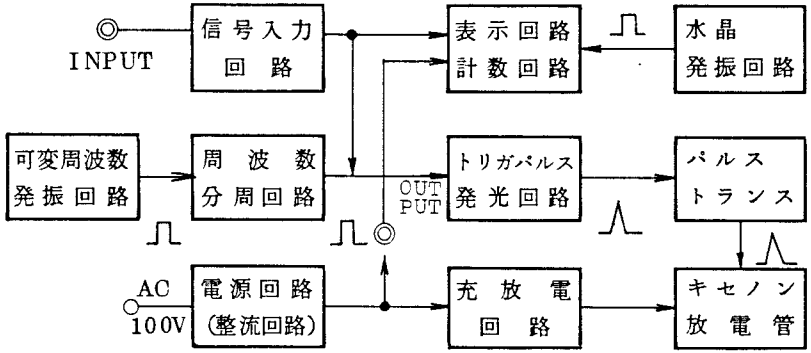


図3　ストロボ装置HS－250D形
ブロックダイアグラム

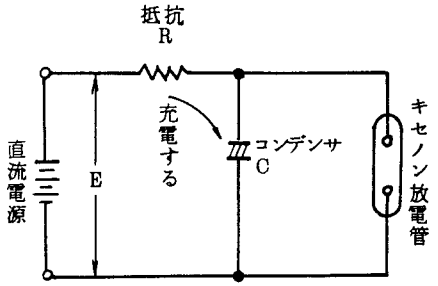


図4　充放電の基本回路

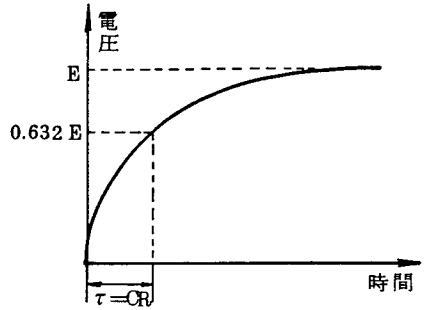


図5　充電の変化を示す

充放電の基本回路は図4のごとくであります。今、回路のコンデンサCに電荷がたまっておらないものとして、回路に直流電圧Eを加えます。すると抵抗Rを通してコンデンサCに電荷が充電され、コンデンサCの両端の電圧は、$\tau = CR$ の時定数(トキテイスウ)でEまで近づきます。（図5参照）

つまり、キセノン放電管の両端の電圧はEとなり、このときにトリガパルスを与えるとキセノン放電管内のキセノンガスがイオン化されて電流が流れプラズマ状に発光します。この電流はたいへん大きく、数百アンペア流れます。そのためコンデンサCの電圧はほぼゼロまで低下し、キセノン放電管の放電が止むと同時に発光も止まります。キセノン放電管に電流の流れている時間は5～20マイクロ秒程度で、その後ふたたび、コンデンサに充電され、同様な動作がくり返えされます。図6に、コンデンサCの両端の電圧つまりキセノン放電管の両端の電圧の波形を示します。

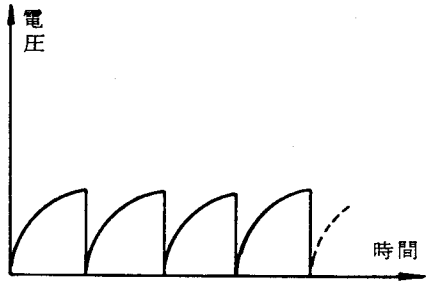


図6　キセノン放電管の両端の電圧

使　用　法

まずはじめに、「MODE」スイッチを「POWER OFF」、「RANGE」スイッチを「LOW」、「STOROBO」スイッチをOFFに切り換えセットします。また、ランプハウスと本体とを付属コードで接続し、発光部を正面に向け、

この状態で以下に示す順序によって動作させてください。

1. 電源プラグをAC 100V 50/60 Hzのコンセントに接続し、「MODE」スイッチを「INT」に切り換えると表示部LEDが点灯し、装置が動作し「STROBO」スイッチをONにするとキセノン放電管が発光します。

2. ここで、「RANGE」切り換えスイッチおよび周波数ダイヤルによって、任意の発光周波数を選ぶことができます。また「rpm・Hz切替スイッチ」により表示を回転数または周波数の表示ができます。

3. 「MODE」スイッチを「LINE」にしてダイヤルの指示を本器の電源周波数より高く（HIGHレンジ）設定すると電源周波数で発光します。ダイヤルの指示を電源周波数より低くすると分周発光します。また極性スイッチの切り換えにより発光の位相が変化します。

極性スイッチ	動　　作
POS.	4～10Vpの正パルスまたはコードの接触を開放により発光
NEG.	4～10Vpの負パルスまたはコードを接触により発光

このときrpm（回転数）の表示が自動的にHzに切替ります。

4. 「EXT. INPUT」のプラグを抜いて、こんどは「OUTPUT」のジャックにそう入し、その他端をオシロスコープの垂直軸に接続します。そこで「MODE」を「INT」にすると、約8Vp前後のパルス電圧が「OUTPUT」から出ているのがオシロスコープによって観測できます。出力パルスの周波数は発光周波数と同一ともものです。基準発振器として使用することができます。ただし、周波数はHz（周波数）で表示されます。

実験例

1. 定速度の回転数、および振動数の測定

一般に回転体や振動体は、定速度運動をしているものが多く、比較的回転数や振動数が測定しやすい条件にあります。ただ、負荷の変動が大きく、回転数や振動数がつねに変動しているものに関しては、この方法では正確に測定できません。定速度のものについては、まず図7に示すように、測定しようとするものになんらかの像をしるします。この場合モータ軸のように径の細いものに対しては、回転数に影響の無い程度に像をしるした円板などを取

図7　回転体に像をしるした例

りつけてください。扇風機のような2枚以上の対称的な羽のある場合には、そのうちの1枚に像をつけてください。振動板の場合には、そのほとんどが1枚片ですので、その必要はありません。

測定方法はつぎの順序によります。

(1) 測定しようとする被測定物にしるした像が、発光の照射により確認できる程度に、本器を像に近づけます。

(2) 本器の「MODE」スイッチを「INT」におき、周波数ダイヤルを回して測定します。

(3) まず、周波数の低い所からだんだん高い所へもっていきます。被測定物の回転数または振動数よりも、発光周波数が低い場合は、静止像が1つになったり整数個になったりをくり返しますが、同じになった場合には静止像は1つとなります。そして、さらに発光周波数を上げていき、回転数または振動数より高くなると、静止像は2つ以上の整数個となります。このように、1つの静止像が見えるうちの最も高い周波数、つまり、最後の1つの静止像で周波数ダイヤルを止めると、その周波数が、被測定物の回転数または振動数です。

(4) 回転数、振動数が250Hz（15,000 rpm）を越えるために、最後の1つの静止像が得られない場合には整数分の1の像（分周像）を利用して測定します。この場合は、周波数ダイヤルの高い方から徐々に下げていき、1つの静止像ができる点の周波数を読みこれをn_1 とします。さらにこの点から下げていき、つぎの1つの静止像ができる点の周波数を読み取り、これをn_2 とし、回転数、振動数Nはつぎの式で与えられます。

$$N = \frac{n_1 \times n_2}{n_1 - n_2} \text{ Hz}$$

（または rpm）

ただし　$n_1 > n_2$ とする。

(5) 回転数、振動数が1Hz（60rpm）より低いために、1つの静止像がま

ったく得られない場合は整数倍の像（倍数像）を利用して測定します。この場合は、周波数ダイヤルの読みを整数の静止像の数で割った値が、回転数または振動数です。

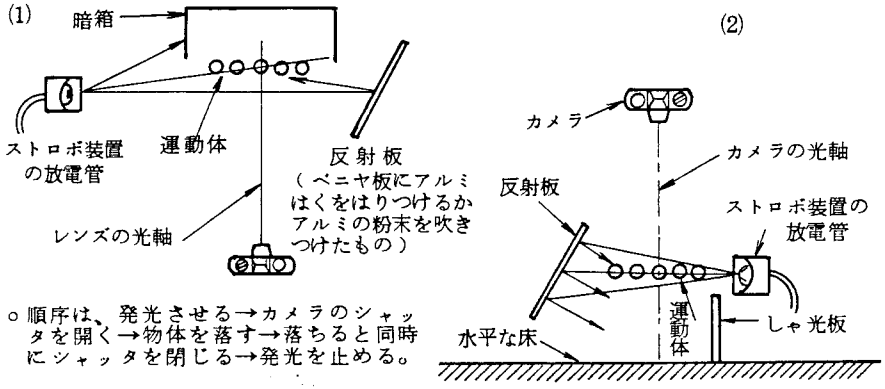
2. スローモーション像による運動体の観測

高速度で周期運動している物体の状態を観察する場合に、つぎの２つの内容があります。第１に、運動状態の同一位置、同一角度における状態の観察、第２に、運動状態の連続的な位置、角度の変化に対する状態の変化の観察です。前者の場合には、静止像を得ることによって観察できます。この場合、１つの静止像であれば良く、２つ以上であれば全体を正しく観察できません。しかし、あまり分周率（回転数／発光周波数）が大きいとチラツキが多くなって観測が困難となります。また後者の場合は、１つの静止像から少し発光周波数をずらせた位置にダイヤルを置くと、１つの像がゆっくりと移動して観察できます。これがいわゆる"スローモーション像"であり像の動きを連続的にとらえることができます。

3. 写真撮影による測定・観察

(1) 連続動作を撮影する場合

本器を発光源として、カメラと組み合わせることにより、いろいろな運動体の動きを写真撮影することができます。たとえば、自由落下の物体の加速度を測定・観察したい場合は図８のように装置し、カメラを三脚に固定します。発光周波数は、25～35Hz くらいで、絞りは「開放」



○順序は、発光させる→カメラのシャッタを開く→物体を落す→落ちると同時にシャッタを閉じる→発光を止める。

図８　写真の写し方

にし、使用フィルムはＳＳＳを使用します。このようにしてとった写真は図９のようになります。重力の加速度gについて、つぎの式が成立します。

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \cdots\cdots (1)$$

ｔは物体が距離ｈ(cm) だけ落下するに要した時間（秒）です。

いま、発光周波数n Hz とすると、落下し始めてからｋ個目の像までの時間は、$t = k/n_{(s)}$であり落下距離はスケールよりｈ(cm)であります。

また、式(1)より

$g = 2h/t^2$ (cm/s^2) が得られます。以上の式より重力の加速度は、

$g = 2hn^2/k^2$ (cm/s^2)

となります。

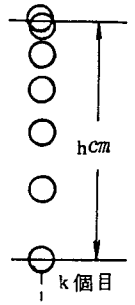


図９　写真の判定

(2) 任意の瞬間を撮影する場合

本器を使用して、運動体のある任意の瞬間を写真にとることもできます。つまり普通のフラッシュ写真撮影と同様ですが、異なるのは暗室で用いることです。

実験方法は図１０のごとく接続し、物体が落下したときに接点Ａが接触するようにします。

「MODE」スイッチを「EXT.」極性スイッチを「NEG.」にすると接点Ａが接触したときだけ１回発光します。

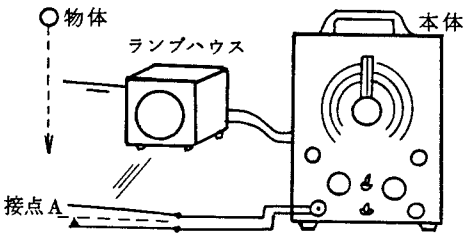


図１０　単発発光の例

使　用　例

1. 各種モータの回転数の測定
2. オンサの振動状態のスローモーション観察
3. ブザーの振動数測定およびスローモーション観察
4. 歯車のかみ合い状態のスローモーション観察
5. 振り子の周期測定および観察
6. 弦の振動数の測定および観察
7. 自由落体の撮影記録
8. 放物線運動の軌跡の撮影記録
9. 水滴の飛散状態の撮影記録
10. 動物の運動状態の撮影記録
11. 各種物体の破壊状態の撮影記録

取り扱いの注意

1. キモノン放電管のじゅ命は、とくに発光回数に関係しますから、発光の必要がないときは、「STROBO」スイッチをOFFにしてむだな発光はさけるようにしてください。
2. とくに湿度の高いところ、または屋外で使用する場合は、かならず接地端子を接地して使用してください。
3. 電源を入れたまま、ランプハウスへの接続を切り離さないでください。
4. 「RANGE」スイッチを切り換えたとき、スイッチの内部でスパークする時がありますが、故障ではありません。もし気になる場合は、「STROBO」スイッチを押し、発光を止めてから切り換えてください。

関連機器

シグナルコントローラ	GA−100	（105−340）
流しカメラ専用装置	SC−10N	（105−331）

島津理化器械株式会社
東京都千代田区内神田1−14−5（島津神田美土代町ビル）
電話　東京（03）295−0210
営業所　東京　大阪　福岡・事業所　京都