



Title	二点光源方式自動曲線追尾法（第1報）：小ネオン管を利用した曲線追尾の方法
Author(s)	池田, 郁雄; Ikeda, Ikuo; 太田, 糺 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 49, 169-180
Issue Date	1968-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40891
Type	departmental bulletin paper
File Information	49_169-180.pdf



二点光源方式自動曲線追尾法 (第1報)

— 小ネオン管を利用した曲線追尾の方法 —

池田 郁雄*

太田 糺**

(昭和43年5月10日受理)

Automatic Curve Tracing Method with Two Spots of Light Source (I)

— Curve Tracing Method Using
a Small Neon Tube —

Ikuo IKEDA*

Tadashi OHTA**

(Received May 10, 1968)

Abstract

The authors have attempted to construct an automatic curve tracing device. A detailed analysis on the characteristics of the reading head consisting of a Neon tube and a photoconductive cell was presented. The electric output was measured in terms of line thickness and tangent of line.

The possibilities of curve tracing characteristics were discussed.

1. 緒 言

最近、曲線追尾装置 (Curve Follower) が、アナログ計算機の入力装置として、又その他の目的のために開発されているが、それぞれの目的によって、その方法も性能も異なっている。一般的に Curve Follower が具備しなければならぬ特性としては、(イ) 曲線を読む分解能、(ロ) 曲線の変化に対する応答速度、(ハ) 追尾する曲線を、他の曲線と弁別する能力等がある。これらの要求に対して、試みられている主な追尾方式には、

(1) 曲線記録紙面上に、光源像を投影し、光源像の移動をテレビ式に走査線によって行ない、全面掃引する方式。

(2) 曲線の上を受光器又は光源受光組合せ装置を追尾的に移動する方式。

等がある。

* 工業力学第一講座 ** 北海道工業大学、電気工学科

(1)の具体的な機構の一例は、写真伝送などに用いられている高速回転円筒に曲線を記録した用紙を巻付け、この曲線を電磁的、静電的或いは、光学的に検出し電圧信号に変換する方法である。この方法では、応答速度の制限の外に発生し得る信号の量に制限があり、円筒の回転を高速にしても追尾に極めて長い時間を要する。

これを改良して Brown 管上のスポットを光源として紙面上に掃引的に映し出し、その反射光を光電子増倍管によって捕える方法が実用化されている。しかし、この方法でも同一紙面で交叉する二つの曲線の区別等は困難であり、又曲線の有無に拘らずに全面を掃引することは無用の時間を費すことになる。曲線を掃引によって切断された点の連続として見る本方法は、追尾と言う目的からは多くの困難な問題を併せ持つのも当然である。

(2)の方式の例は曲線像を分割された受光面を持つ多素子光電管等に受けて、その濃度の差を電圧差に変換し、サーボ系を用いて試料曲線を自動追尾させる方法である。これは応答速度に限度があり、又追尾ヘッドが重くなる欠点がある。ここに扱うのは後者に属する。その特徴とするところは、曲線を追尾する光学系ヘッドが、市販の小ネオン管と CdSe セルの軽量物の組み合わせから出来ていて、非常に軽便で且つ忠実度の良いことであり、発光の方法によって曲線追尾操作に多少の選択性を持たせ得る利点もある。

本研究はこの極くありふれたネオン管の発光機構と発光特性を利用した自動追尾の原理が如何様な適用範囲を持つかを実際に実験により検討したものである。

2. 動作原理及び測定機構

本 Curve Follower の装置は大別して、1) 光源系、2) サーボ系、3) 記録系の三つの部分から成り立っている。

2-1 光 学 系

ヘッド部分はネオン光の二つのスポットを用いた光源、紙面から反射した光を検出し電気的記号に変換する光電変換部及びスポットの大きさを目的の大きさに縮少する光学レンズ系等から成り立っており、このヘッドが Curve Follower の動作中、紙面上の曲線に沿って走る。このヘッド部分に本研究の主要な特徴が含まれている。照明光源についての主要な考案は、光源として二枚極板の小ネオン管等を使用して、その光の像を追尾紙面上に結ばせ、その光源の発光に低周波発振器を用いたことである。この方法によれば、二枚の極板の像は小さい二点光源のスポットとして紙面上に投射される (Fig. 1 参照)。

この二点光源の像はその光学系の倍率によって決定される間隔を持っており、従って曲線の太さに応じ

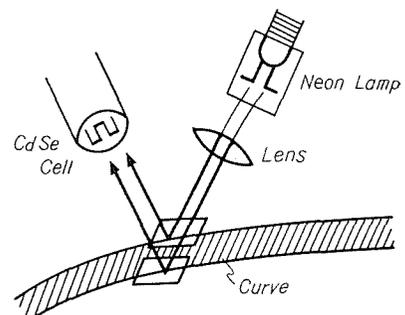


Fig. 1. Neon Light projected on the Curve.

てスポットの倍率を変えると、常に二点光源の像を曲線幅内の最大間隔に合わせて置くことができる。又ネオン管は短形波パルスにより交互に点滅されているため同時に紙面に投射されることがない。この二点光源の像からの反射を1個の受光器で受けて、二点よりのそれぞれの反射を分離受光するために、受光器と電子的に結合されたゲート回路を用いる。この分離された二点光源からの反射光量の不平衡は直ちに検出され、その差を増幅してサーボ機構に連結し、ヘッド部分の位置を正確に曲線中央に戻すことができる。Fig. 2に、このヘッド部分及び電気回路のブロックダイアグラムを示す。

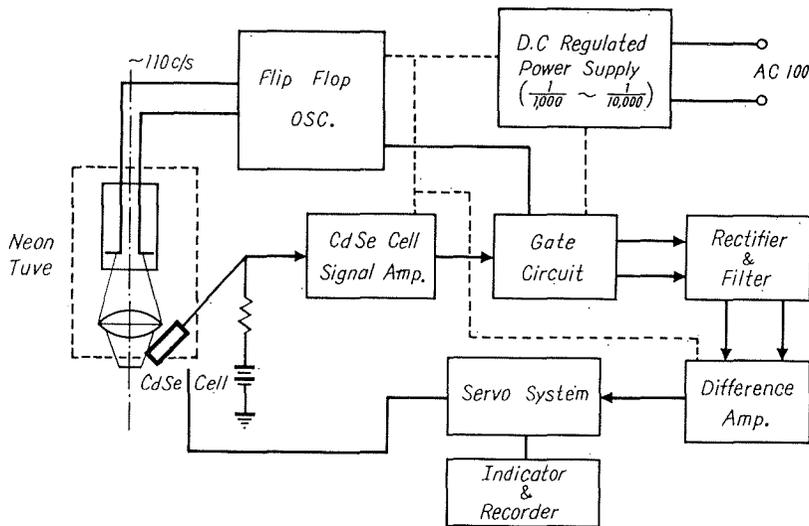


Fig. 2. Block Diagram of Curve Follower.

以下に測定機構の各部分について詳述する。

(a) 光源

スペクトル特性；ネオン管によって作られる光のスペクトルは、黄、赤の領域にのみ現われる。即ち波長 λ が $600\sim 700\text{ m}\mu$ 程度の光である。放電開始電圧は、各種ネオン管によって違うが、本実験ではA.C. 75ボルトのものを使用した。イオンの完全に消滅する時間は平均して50 msec位であり、本研究では通常のパイロット用ネオン管を110 c/s程度のパルス電源で点滅して光源としたが、ネオン管はこの程度の周波数に応じて十分にパルスの発光した。

(b) CdSeセルの特性

ネオン光によって紙面を照射しその反射光を電気的信号に変換するものとして、光電子増倍管又はCdS, CdSe等の光電導素子があるが、ここではヘッド部分を小型化するため、又、ネオンのスペクトラム分布曲線と感度が比較的合ったと言う理由でCdSeセルを使用した。

Fig. 3からネオン管の特性と光電素子の特性との間に極めて類似な関係があり、高能率な組合せであることが知られる。なおCdSeセルよりの電気的出力波形はネオン管への入力信号が殆んど完全な短形波であるのに対して、Fig. 4に示されている様な三角波になり、ネオン

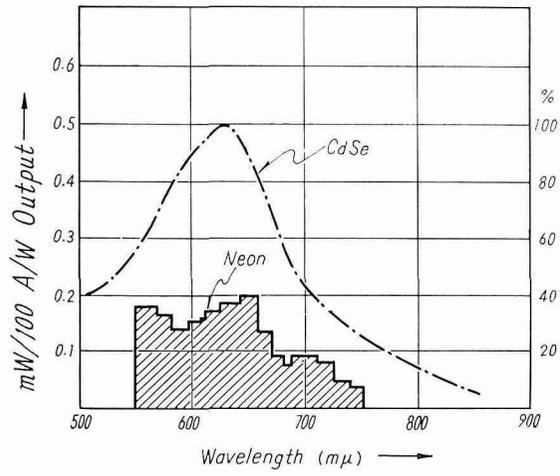


Fig. 3. Spectrum Characteristics of Neon Light and CdSe Photocell.

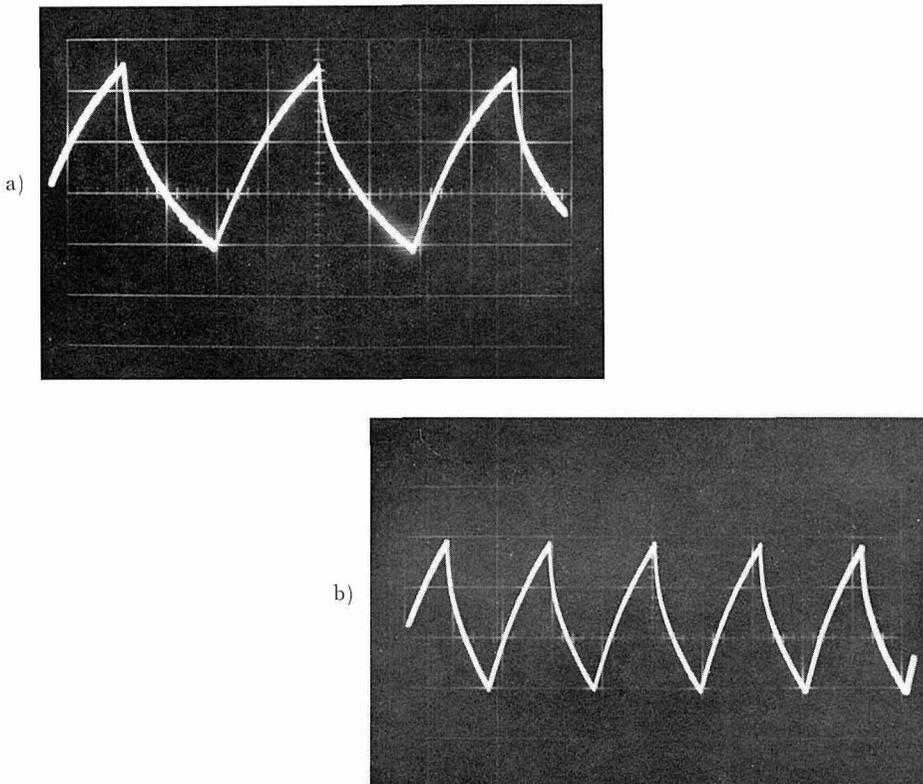


Fig. 4. Output Wave Forms of CdSe Photocell in terms of Frequency of Neon Light.

- a) about 120 Hz
- b) about 300 Hz

光の周波数が高くなれば出力電圧も減少する。例えば周波数 600 c/s では 110 c/s の場合に比べて約 10 db 利得が下がる。これは CdSe セルの時間遅れが大きく必ずしもこの目的に適當でなかったことを示すものである。しかしこの二つの場合は波形、位相のずれは余り変わらず、ゲート回路は正確に動作した。

2-2 制御系

紙面から反射して来た光は CdSe セルにより、電氣的信号に変換されるが、その受信した交流信号は、ゲート回路により時間的に分別され、それぞれ整流され差動増幅器を通してサーボ・モーターに加えられる (Fig. 5 参照)。

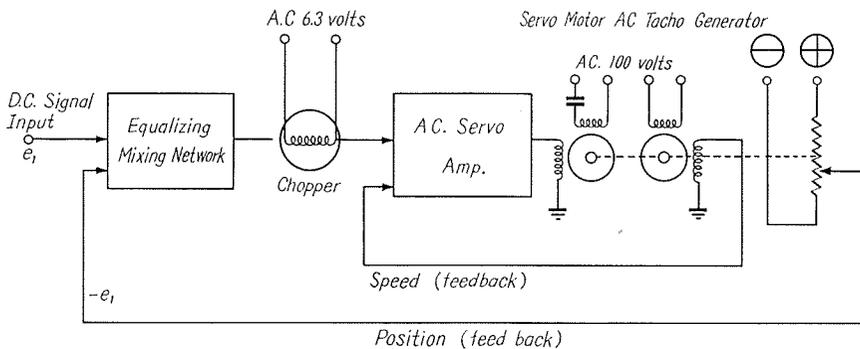


Fig. 5. Schematic Diagram of Servo System.

(a) ゲート回路

ゲート回路は入力波形の通過を時間軸上で選択する作用を行なう。制御用のゲート信号には、普通は Multi Oscillator 回路により発生させた矩形波パルス電圧を用いる。

Fig. 6 に本ゲート回路の基本を示す。(a) に於いてゲート・パルスの存在する t_1 から t_2 の間だけ入力信号が取り出される。

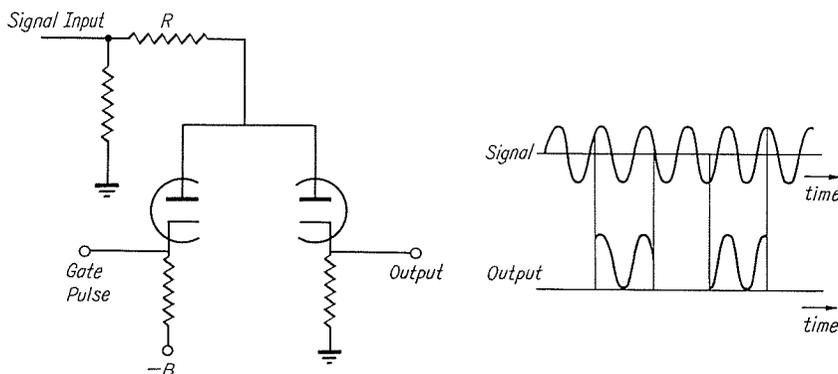


Fig. 6. Principle of Gate Circuit.

Fig. 7 に、本研究に使用した回路を示す。これは、ペディスタル効果を除いたゲート回路で、ゲート・パルスがない時は一方の2極管は導通し、負荷抵抗 R の両端に図のような電位降下

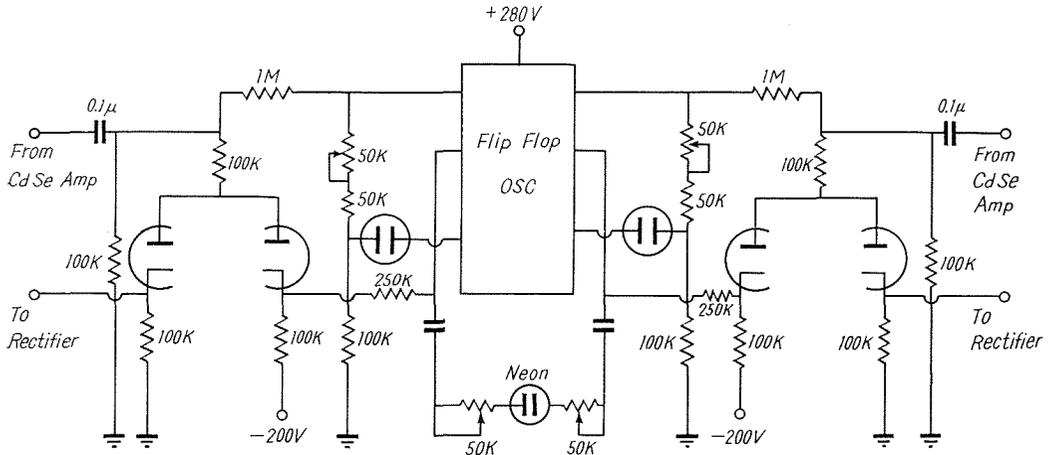


Fig. 7. Gate Circuit.

が生じ、陽極の電位は負になる。ゲート・パルスが陽極を正にするほど大きくない時は、他方の二極管はカットオフされ出力はない。ゲート・パルス電圧が大きいと前の二極管はカットオフされ、陽極は負電位から解放され信号は他方の二極管を通して出て行く。

(b) 差動増幅器 (Fig. 8)

差動増幅器は2本の真空管を使った直流増幅器で、広く計算器の演算増幅部の一部として使用されているものであるが、直流増幅器に付きもののドリフト

があり、ここではプレート供給電圧には高度の安定電源を使用、その他ヒーターを直流点火するなど極力ドリフト及びその他の雑音を少なくするようにして使用した。

(c) サーボ・モーター

サーボ・モーターはいわゆるサーボ機構における最終制御要素で、入力信号に応じて操作部の機械的負荷を駆動する動力源である。

Fig. 5 において入力 e_1 により、サーボ・モーターが動き $-e_1$ の電圧が帰還される位置迄可動部、即ちヘッドが移動すると、差動入力に零となり、モーターは停止する。サーボ系は機械系であるため応答速度は遅く、入力 e_1 に許される周波数限度は通常 10 c/s 以下の程度である。その精度は主にポテンシオメーターの直線性及び、分解能、サーボ・モーター (二相モーター) の起動電力などによって事実上定まる。

(d) 交流増幅器

交流サーボ・モーターを用いる場合に、サーボ増幅器の入力は交流でなければならない。それ故に、サーボ入力に直流の場合にはチョッパーなどによって変調した上で交流増幅を行なう。Fig. 9 は使用した回路を示す。

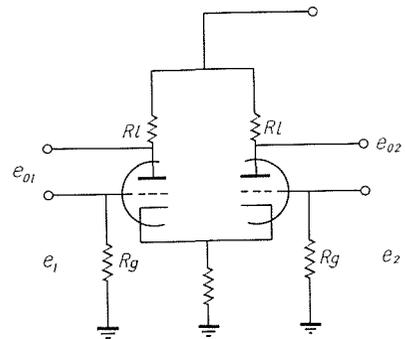


Fig. 8. Differential Amplifier.

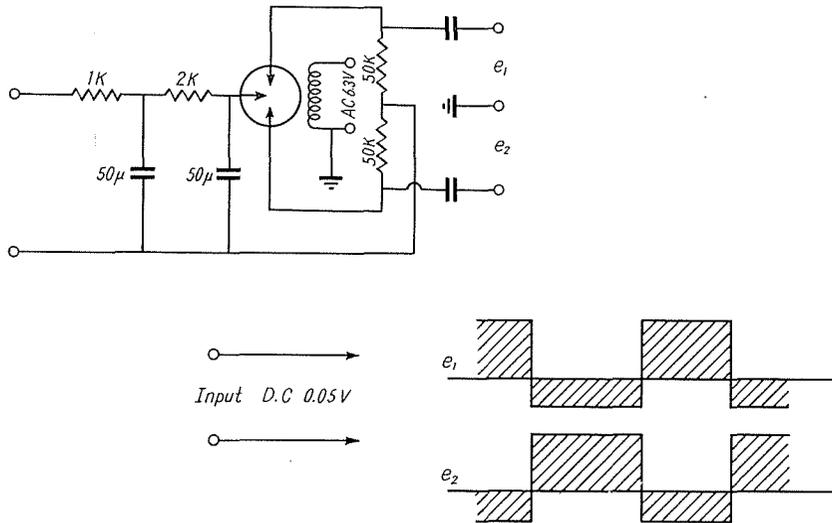


Fig. 9. Chopper Circuit.

交流増幅器は、高い利得を得ているので、ドリフト・ノイズが問題になり、それらの雑音を極力小さくするためにブッシュ・プル回路にした。なお入力段における直流から交流に変換するためチョッパを用いたが、Fig. 9 右下図はその特性の一例を示す。

2-3 記録系

前述の如く、光学走査ヘッドは、曲線に沿って追尾して行くが、その曲線の位置、即ち関数 $f(x)$ を読み取り記録する必要がある。

曲線が $y=f(x)$ で与えられており、走査ヘッドがこの曲線上を追尾したとすると曲線上の点は x の値に対応した y の値を量的に表示記録しなければならない。ここでは、最も簡単な方法として、直流電圧を印加したポテンシオメーターを使用し、走査ヘッド又はサーボ・モーターと連動して、電圧 y の値を測定記録した。

3. 測定結果 (Measurement)

3-1 Neon 光を使用した光源の作動特性

一方のみが点灯している Neon 光源が中心線上から x 移動した時、Fig. 10 (a) の紙面からの反射受光量は Fig. 10 (b) のように示される。

この関係を線径 $d=0.3$ mm, 電極幅 $b=1.2$ mm, 1.1 mm についてその差動電圧 V_{diff} を測定した結果を Fig. 11 に示す。

3-2 Neon 管点滅周波数に対する影響

ネオン管を点滅させるパルスの周波数は、ネオン管の点滅時定数が長いので、高い周波数を使用する事はできない。

Fig. 12 に V_{diff} 極大の値と周波数の関係を表わしているが、点滅パルス周波数が高くなれ

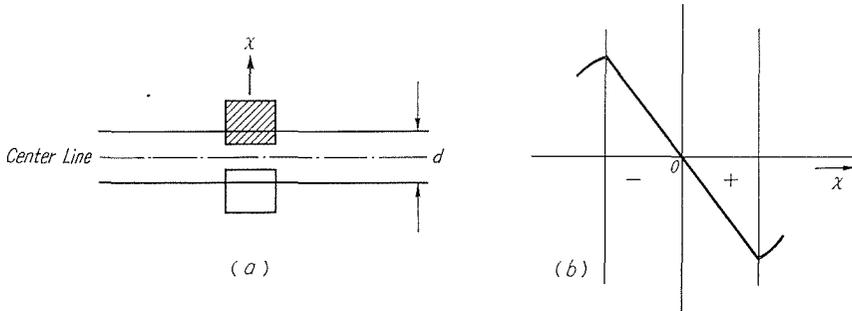


Fig. 10. Differential output voltage in terms of displacement of Neon Light from center line.

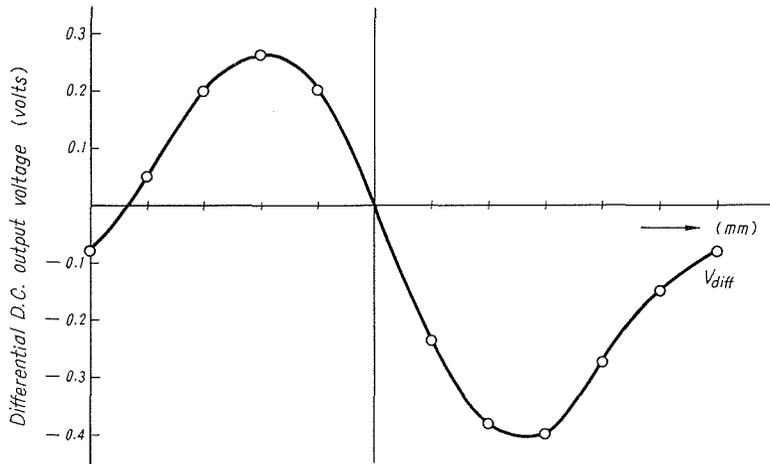


Fig. 11. Differential D.C. output voltage with respect to displacement from cent of line.

Neon Spot size is 1.2 mm, 1.1 mm each
Line thickness d ; 0.3 mm.

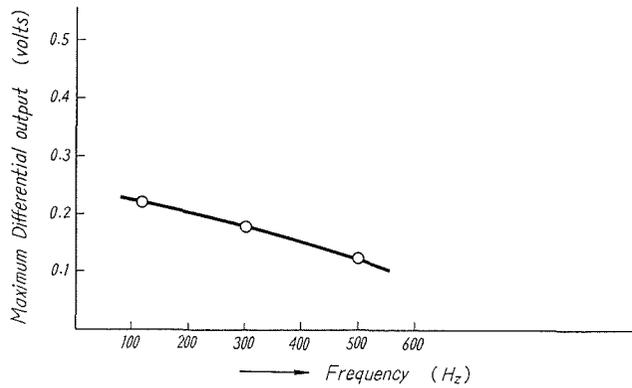


Fig. 12. Maximum differential output voltage versus exciting voltage frequency of Neon tube.

ば V_{diff} 極大が減少して行く。この事はネオン管を使用する限り、点滅周波数を高くとれないことを示している。更に CdSe の時定数も長いので高い周波数を使用することはできない。実際に利用したのは 110 サイクルまでであった。

3-3 ネオン光のスポットの大きさと線径 d との関係

曲線を追尾して行く場合に、ネオン電極の大きさと線径との間には、大きな関係がある。即ち、細い線を追尾する場合には、ネオンスポットの大きさを小さくしなければならないが、ネオン電極間隙の輝度は決して一様でない。したがってネオン管と線径の関係は実験的に求めるより仕方ないが実際の一例を Fig. 13 に示す。ネオン電極の大きさに対して充分な V_{diff} を与える線径 d の大きさがこれによって与えられる。

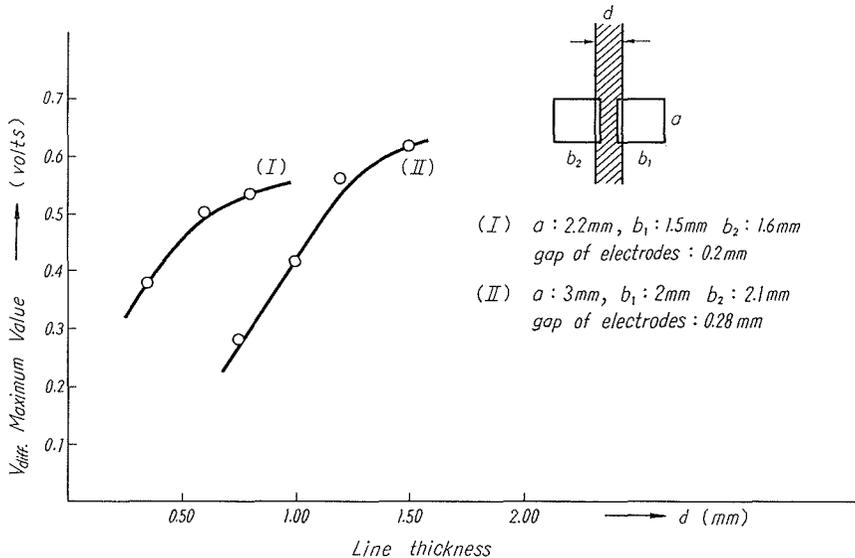


Fig. 13. Maximum differential output voltage in terms of Line thickness and different Neon size.

3-4 紙面上における Neon 光と受光子との距離及び紙面となる角度との関係

感度を良くするためには、スポットと受光子の距離、紙面と受光子の角度、及び紙質等について考慮しなければならない。入射光の明るさを一定にして Fig. 14 のように、 γ, θ を定義して γ, θ を変化した場合の V_{diff} の出力は Fig. 14 のように得られた。

3-5 曲線の勾配に対する差動出力電圧: V_{diff}

追跡ヘッドが曲線上を追尾して行く場合に、曲線の勾配に従って V_{diff} が変化する。それに対して差動出力電圧 V_{diff} を増幅する増幅器の利得を変化させるか、追跡ヘッドを回転して、差動特性の正常な位置で使うかの方法を考慮しなければならない。

曲線と電極間隙との勾配が出力に与える影響の測定結果例を Fig. 15 に示す。

3-6 追尾方向の弁別

追跡ヘッドが曲線を追跡して、曲線の分岐点にかかる場合の例を Fig. 16 に示す。

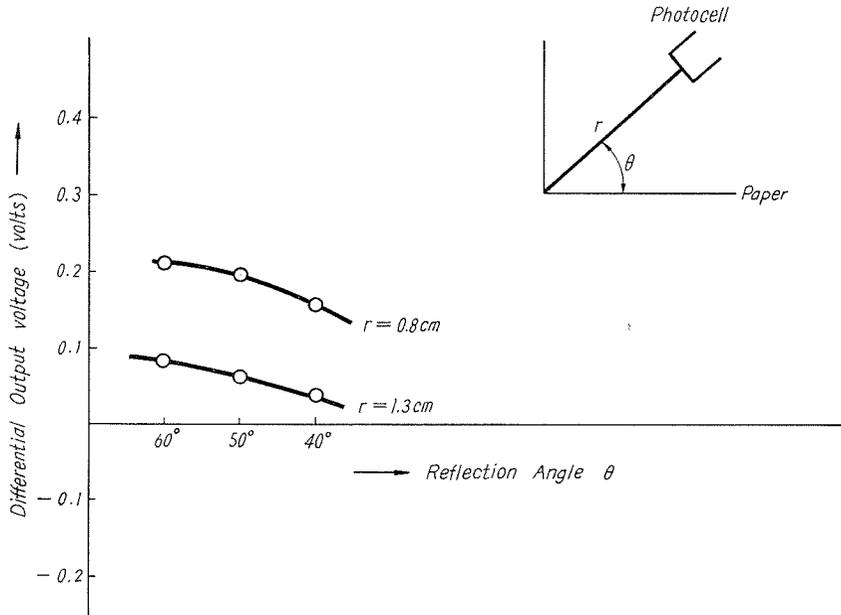


Fig. 14. Maximum differential output voltage versus distance between Neon Spot and CdSe cell and reflecting angle.

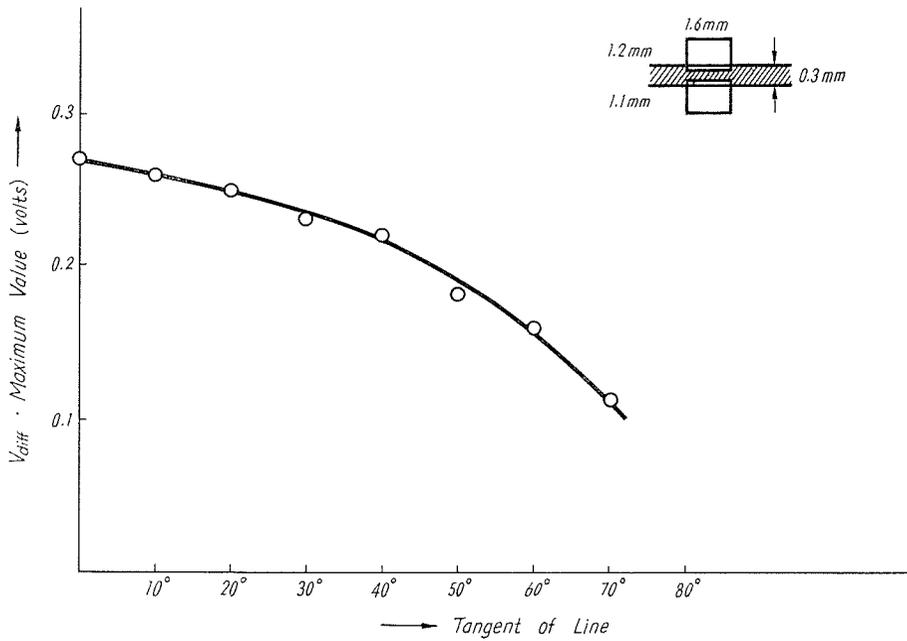


Fig. 15. V_{diff} Maximum value in terms of tangent of Line.
 Neon Spot size, b : 1.1 mm, b : 1.2 mm, a : 1.6 mm
 Line thickness d : 0.3 mm

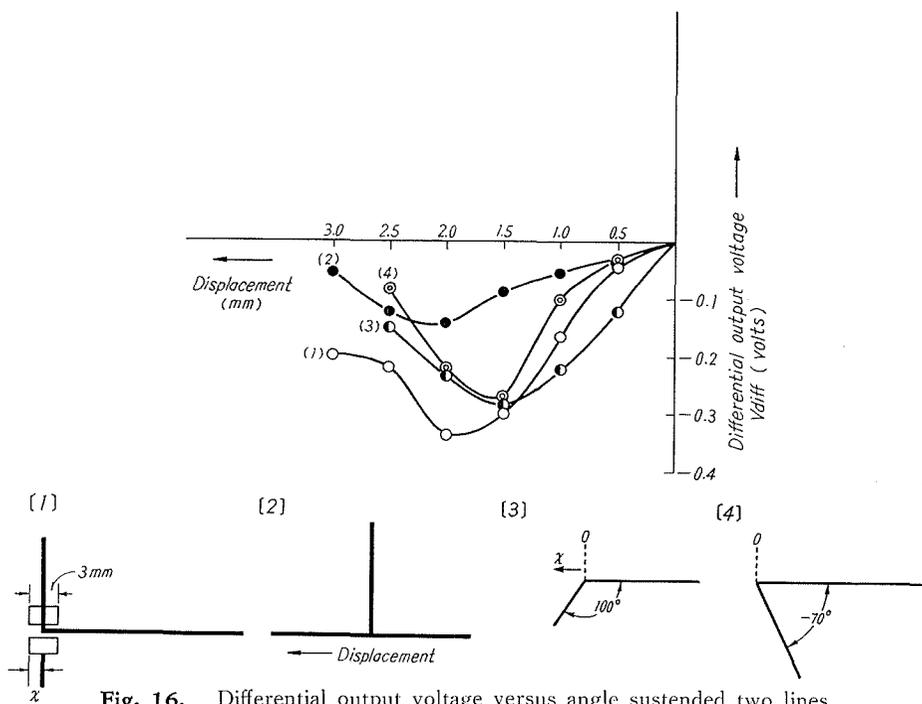


Fig. 16. Differential output voltage versus angle sustained two lines.

Table 1.

[1] $\theta = 90^\circ$							
Displacement λ (mm)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	2.0
No. 1 (volts)	0.36	0.32	0.26	0.20	0.18	0.26	0.27
No. 2 (volts)	0.34	0.36	0.42	0.50	0.52	0.48	0.47
V_{diff} (volts)	0.00	-0.04	-0.16	-0.30	-0.34	-0.22	-0.20
[2]							
Displacement λ (mm)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
No. 1 (volts)	0.32	0.29	0.28	0.27	0.24	0.25	0.32
No. 2 (volts)	0.32	0.32	0.34	0.36	0.38	0.38	0.32
V_{diff} (volts)	0.00	-0.03	-0.06	-0.09	-0.14	-0.13	0.00
[3] $\theta = 100^\circ$							
Displacement λ (mm)	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
No. 1 (volts)	0.35	0.27	0.23	0.20	0.24	0.27	
No. 2 (volts)	0.35	0.40	0.45	0.48	0.46	0.43	
V_{diff} (volts)	-0.00	-0.13	-0.22	-0.28	-0.22	-0.16	
[4] $\theta = -70^\circ$							
Displacement λ (mm)	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
No. 1 (volts)	0.33	0.31	0.32	0.18	0.20	0.34	0.26
No. 2 (volts)	0.33	0.34	0.42	0.46	0.44	0.42	0.46
V_{diff} (volts)	0.00	-0.03	-0.10	-0.28	-0.24	-0.08	-0.15

4. 検 討

以上の実験を通じて、この簡単なネオン小管が曲線追尾に有用であることが明らかになったが、更に長所、短所、および本実験を通して得た知見を列記すると次の如くである。

1) ネオン管の残光特性が大きな影響を持ち、又 CdSe も時定数が大きいので高速追尾に向かない。

2) 交番発光が機械系に影響しないためには機械系に充分の慣性を要し、この点からも高速追尾には適当でない。

3) この方法はヘッド部分が極めて小さいので従来の曲線追尾方式に較べては高速 1 cm/秒、且つ高性能（最小線幅 0.3 mm）である。

4) 本追尾法は曲線の中心平均値を常に追尾するから、鉛筆書きの線に対してもよく動作し、精度も平均値としては極めて高精度である。

又線幅の平均値をとることにより、記録曲線のノイズをカットすることも可能である。

5) 極板の形から沿線追尾としては常に曲線を跨ぐ形状になるのが望ましいのでそのためにはネオン管を回転することが望ましい。それによって沿線速度一定の追尾も可能となる。

6) 極板の形による感度の研究から、従来の拡大像を光電面に写しとる方式の追尾にあっても受光光電面の形を Fig. 17 (b) の如くにするにより、非常に性能の改善の得られることが明らかになった。

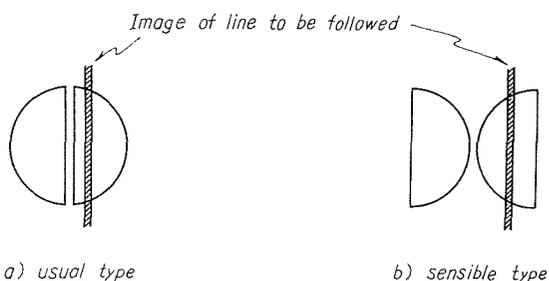


Fig. 17. The form of the surface of the photo-cell.

5. 結 論

本研究は曲線の両側よりの反射光を分離するのに、時間的に行なったところに特色を持つが、その結果として、極めて高性能の追跡子を開発できることを立証したものである。本研究に当たり電気回路に種々御意見を頂いた電子工学科、小川吉彦助教授、本実験に協力された工業力学第一講座、吉田光徳助手に感謝の意を表するものである。尚、本研究は更に発展し、2、3の応用研究も終えているので更に報告を行なう予定である。