



大学教育の物理学実験にテレビジョン回路を導入した 実例の報告

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2012-11-07 キーワード: 作成者: 山形, 積治 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00001510

大学教育の物理学実験にテレビジョン回路を導入した事例の報告

山 形 積 治

北海道教育大学旭川分校物理学教室

Report on Example of Introduction to Television Circuit
in Experimental College Physics

Sekiji YAMAGATA

Department of Physics, Asahikawa Branch, Hokkaido
University of Education

エレクトロニクス時代と云われる現在において、大学における物理学教育にもその新方向を見いださなければならぬ。この論文は大学の物理学実験の中に、テレビジョン回路を導入し、エレクトロニクスの基本の指導に非常によい結果を得た報告で、内容は短時間で回路を扱う事例と、単に技術のみに走らないようにするにはどうすればよいかを主体としている。

1. はじめに

カラーテレビジョン、コンピューターとエレクトロニクスの発展はめざましく、今後の発展には予測し難いものさえ感じられる。当然大学において自然科学、工業を修める学生にとってはエレクトロニクス関係の科目を履修しなければならない。しかし直接自分の専門に関係のない者にとっては単に講義を受けた、実験をやった覚えがあると言う程度に終る事が多い。本学は卒業生のほとんどが教育関係の職につく大学である。この学生諸君にエレクトロニクスの基本をマスターさせるために本学の3年生が履修する物理学実験の一部にテレビジョン(以後 T.V. と略語を用いる)回路を導入した。

当物理学教室で T.V. 回路に取り組んだのは、昭和38年度の卒業論文¹⁾として T.V. 受信機の理論に対する考察とセットの製作を行ったのが最初で、以後このセットを物理学実験の中に導入した。しかし昭和39年頃には測定器と言ってもオシロスコープ、テスターのみで、せいぜい真空管の足の電圧測定とその波形の観測のみであった。

昭和41年度末までに *sweep generator, marker generator, synchroscope, valve voltmeter* と完備した。しかしキャビネットに納められた既成の T.V. セットを用いて実験を行うのでは、回路図との対応がむずかしい事と、毎回キャビネットからシャーシをとり出して実験を行う手数と難点が多かった。それで昭和42年度頭初から T.V. セットのパネル化にとりかかり8月に完成をみた²⁾。あわせて T.V. 用ブラウン管を用いた電子の比電荷測定装置を製作し実験の中に取り入れた。T.V. 回路の実験等はむしろ技術科で行うべきであろうと考えられるが、これを導入した理由には次の四つがある。(1) T.V. 回路は数十種類の基本的な電子回路の総合であって、解析に当っては物理的意義が大きい。(2) 本学の卒業生はそのほとんどが小中学校の教師になるので、現場に入るとエレクトロニクスの技術面が要求される。(3) 回路の研究は考える前にまず実践である。(4) 大学教育

の視聴覚化。まず(1)の理由について、提出する実験報告書は単に技術的な面に走らないように、細い理論についても参考書^{3) 4)}に立脚して考察する。このような進め方は BERKELEY PHYSICS LABORATORY⁵⁾にみられる。

(2)の理由については、現場での要求が強く特に物理学専攻となると、校内放送、視聴覚器機の運用担当者としての期待が大きい。近い将来ほとんどの学校で V.T.R. 等が導入される事は間違いない。

(3)エレクトロニクスの講義を担当してみて感じられる事であって、むしろこの逆行と思われる方法の方が一つの事柄を理解する上にも能率がよい。

(4)の理由について、小中学校における教育の視聴視化がかなり研究されているが、大学教育の視聴化には少々立後れの点がある。諸外国においては組織的に研究されているという報告がある⁶⁾。この実験においては、スライド、実験、教科書の3位1体で行い、ある意味での視聴化を試みた。

2. 授業時間配当

これら一連の実験には四週間(一週一回)の時間配当をしてある。内一回は電子の比電荷の測定実験に費され、残り三週で T.V. 回路の解析を行う。次章以下、まず電子の比電荷の測定装置、実験方法、結果についてのべ、次に回路解析の装置、この実験に用いるスライドについての説明を加えてある。

3. 電子の比電荷測定装置

電子の e/m の測定には磁場集束法、マグネトロン法が教科書に述べられている。装置等も完成品が市販されている。しかし T.V. 回路への導入として、T.V. 用のブラウン管、偏向コイルをそのまま応用して e/m の測定装置を自作した。これを用いて実験を行う事により、T.V. の偏向の原理と電子の諸性質を同時に理解し得るので、T.V. 回路への導入段階としてし有意義である。

3.1 装置の設計

本装置の設計方法と設計図をブロック毎に分けて述べる。尚本装置の写真は図1のようである。

3.1.1 高圧回路 図2に示すように T.V. 用 flyback transformer をそのまま用い、T.V. 用水平出力管 6GB6 1本で発振、出力の両方を行わせ回路を簡略化した⁷⁾。高圧整流には 1X2B を用い、普通に T.V. で行われている方法を採用した。この方法で約 4,000V の高圧を得る事ができる。

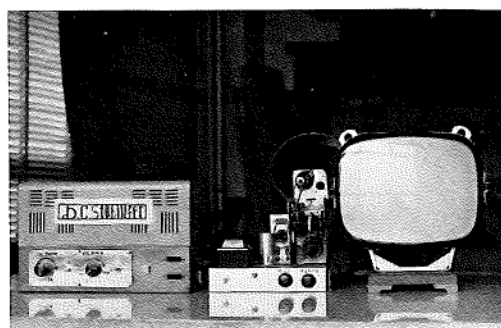


図1 電子の比電荷測定装置

3.1.2 ブラウン管回路 装置に用いるブラウン管は、エミ減が進んでいてもスポットのみで用いるので、充分の輝度を出す事ができる。

輝度、焦点の調整回路は図2のようにした。本機には 14RP4A のメタルバックのものを用いた。

3.1.3 電源回路 B 電源回路には VR105—MT 定電圧放電管 2本を使用した高安定な回路⁸⁾で、教室で自作したものを用いている。

3.1.4 偏向回路 偏向コイルは T.V. 用のものをそのまま用いるが、実物には波形整形のためにコンデンサー、抵抗類が付されているので、それらを取りのぞく。又 centering magnet も外

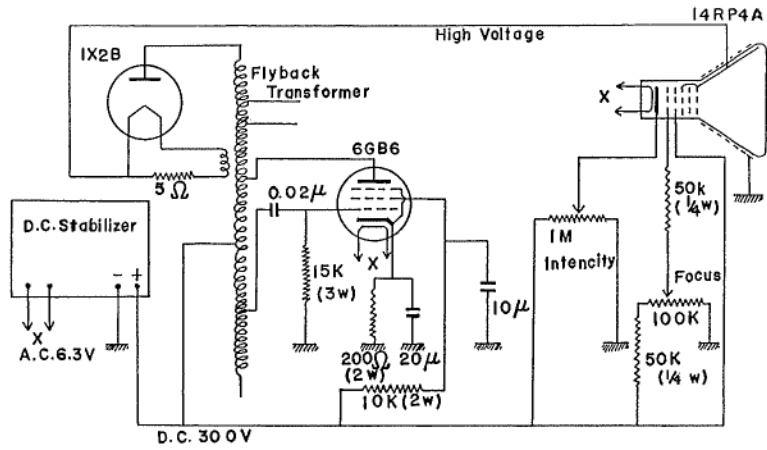


図2 電子の比電荷測定装置回路図

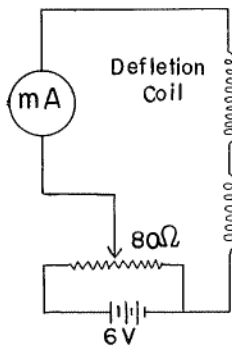


図3 偏向コイルの電流測定

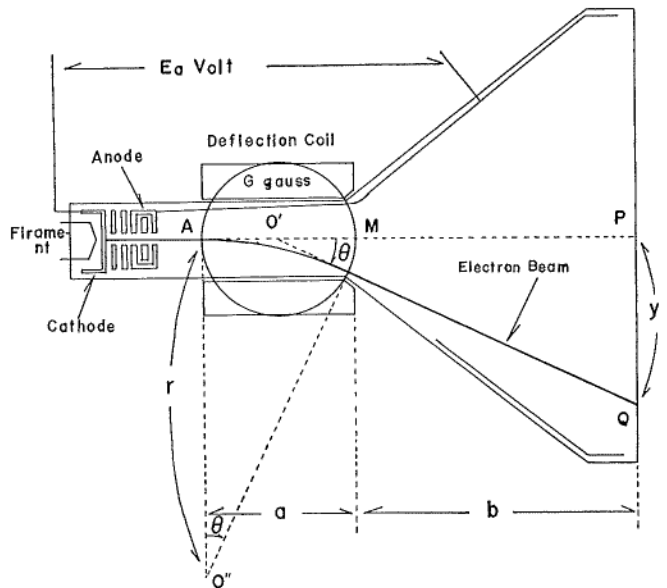


図4 ブラウン管の構造とスポットの偏向距離

す。コイルは水平，垂直2組あるが，どちらか一方を用いる。結線は図3のようにする。

3・2 電子の比電荷を求める式

電磁偏向の場合電子の比電荷 e/m は，図4にもとずいて，次のように表わす事ができる^{9) 10)}。強さ G ，長さ a なる磁場内に電荷 e ，速度 v なる電子がとび込んだとすれば，この電子はフレミングの左手の法則に従った偏向力を受ける。今電子の質量を m とすれば

$$evG = \frac{mv^2}{r}$$

$$\therefore \frac{1}{r} = \frac{eG}{mv} \dots\dots\dots(1)$$

となり半径 r で弧をえがく、この結果ブラウン管面上にスポットの偏向距離 y を生ずる、又図 4 から明らかのように

$$\tan\theta = \frac{PQ}{O'P} = \frac{y}{\left(\frac{a}{2} + b\right)} \dots\dots\dots(2)$$

又は

$$\tan\theta = \frac{AM}{O'A} = \frac{a}{r} \dots\dots\dots(3)$$

故に(2)=(3)であるので

$$y = \frac{1}{r} \cdot a \cdot \left(\frac{1}{2}a + b\right) \dots\dots\dots(4)$$

(4)式に(1)式を代入して

$$y = \frac{eaG}{mv} \left(\frac{1}{2}a + b\right) \dots\dots\dots(5)$$

が導かれる、次に電子の速度 v とブラウン管のアノード電圧 E_a との間には

$$eE_a = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore v^2 = \frac{2eE_a}{m} \dots\dots\dots(6)$$

が成立する、

よって電子の比電荷の式は(5), (6)より

$$\frac{e}{m} = \frac{2E_a y^2}{a^2 G^2 \left(\frac{1}{2}a + b\right)^2} \dots\dots\dots(7)$$

となる、

3・3 実験方法及び結果

3・3・1 実験方法

(a) G の測定 偏向コイルをブラウン管のネック部から取外し図 3 のように配線し、ガウスメーターで流した電流によってコイル内に誘起された磁界の強さを測定する、この関係が図 5 である、

(b) y の測定 スポットの偏向距離 y は、遊動顕微鏡を用いて有効桁数 4 桁の精度で求める、電流との関係を表わしたのが図 6 である、

(c) a, b の測定 コイルの長さ a 、ブラウン管の筒長 b も遊動顕微鏡で有効数字 4 桁の精度で測定する、

(d) E_a の測定 アノード電圧 E_a は高圧プローブを用い、真空管電圧計で測定する、

3・3・2 結果

偏向コイルの長さ $\dots\dots\dots a = 5.690 \times 10^{-2} m$

ブラウン管の筒長 $\dots\dots\dots b = 19.287 \times 10^{-2} m$

偏向コイルに $50mA$ の電流を流した時

偏向距離 $\dots\dots\dots y = 5.185 \times 10^{-2} m$

磁界の強さ $\dots\dots\dots G = 9,000 \times 10^{-4} Wb$

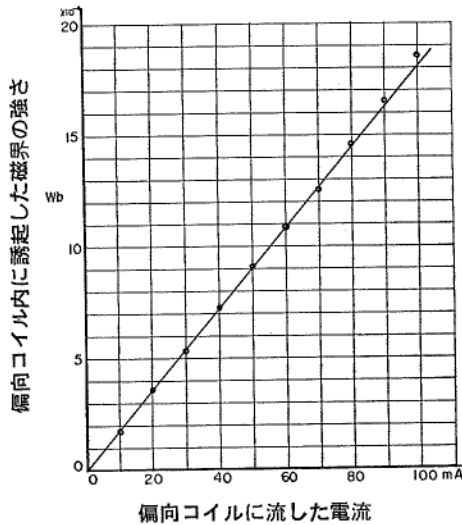


図5 偏向コイルに流れる電流と磁場の強さの関係

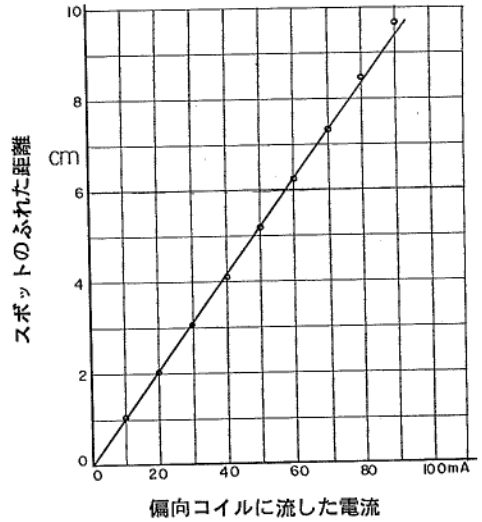


図6 偏向コイルに流れる電流とスポットの偏向距離

これらの値を(7)式に代入して

$$\frac{e}{m} = 1.7512 \times 10^{11} \text{ c/kg} \dots\dots\dots (8)$$

となる。より精密な測定値は文献¹¹⁾によると

$$\frac{e}{m} = (1.758897 \pm 0.000032) \times 10^{11} \text{ c/kg} \dots\dots\dots (9)$$

である。(8)式の値が(7)式の値に比較して小さくなるのは、ブラウン管の筒長 b の測定でブラウン管面上のガラスの厚さを考慮していないからである。

4. パネル型 T.V. セット

T.V. 回路を理解するためには、セットそのものをよく知る必要がある。当教室には昭和38年に製作した *Starvision 16T325* 型セット¹²⁾があり、一昨年までの実験にはこれを用いていた。キャビネットに納められているセットは、実験の度に取外す労と初心者には回路図との対応が難かしいという欠点があった。昭和39年よりセットのパネル化の計画を進め、42年4月より設計にとりかかり、8月に完成をみた。主要回路は東映テレビ MODEL 16HK-100F¹³⁾によるところが多い。現在市販されているキットを購入すると、主要回路はほとんど組立てられているので、パネル化する場合一度解体しなければならないので、個々のパーツを求めて製作の方が手数がかからない。

4.1 わく組み

T.V. セット一台分の部品はかなりの重量がある。これをパネル化する場合には相当丈夫な「わく組み」が必要と考え、幅 30mm の鉄アングル材を図7のように組み立て、接合部分は全て電気溶接をした。又図8のように移動用の車をつけた。これに厚さ 5 mm の透明合成樹脂板をはり、部品はこの板にとりつけた。こうする事によって、部品の配列、配線の状態が両面から確認する事がで

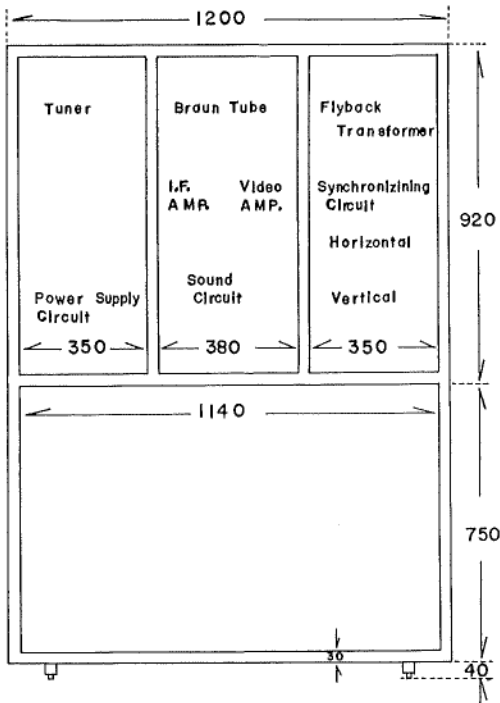


図7 パネル化テレビセットのわく組み

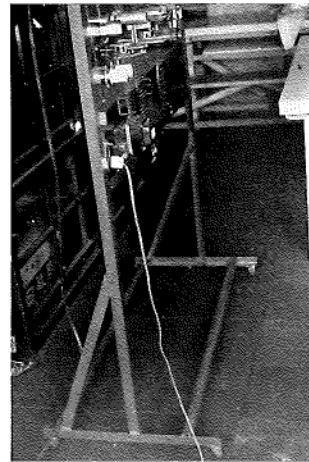


図8 パネル化テレビセットの脚部, 移動用の車

きる。

4.2 回路

回路は特殊なものでなく、個々の真空管をぬいて実験を行う必要もあるので、トランスのあるものがよく、標準形のものを選択した結果、東映テレビ MODEL16HK-100F を基にして設計した。

4.3 部品の配列

部品の配列には相互干渉が生じないように注意した。特に電源トランスはブラウン管に悪影響を与えるので、できるだけ距離をとった。音声出力トランスはどうしても I.F. 回路の近くに配列されるので、シールドした。

偏向回路は一つのブロックにまとめて配置した。

Tuner から I.F. AMP. まで、Video AMP. から音声 I.F. AMP. までは 75Ω 同軸ケーブルで結線した。Video AMP. から同期分離回路まで、同期回路からこれらの調整用可変抵抗までは、全てシールド線を用い安全を期した。細い抵抗類の配置は図9に示してある。完成後の写真は図10、図11である。

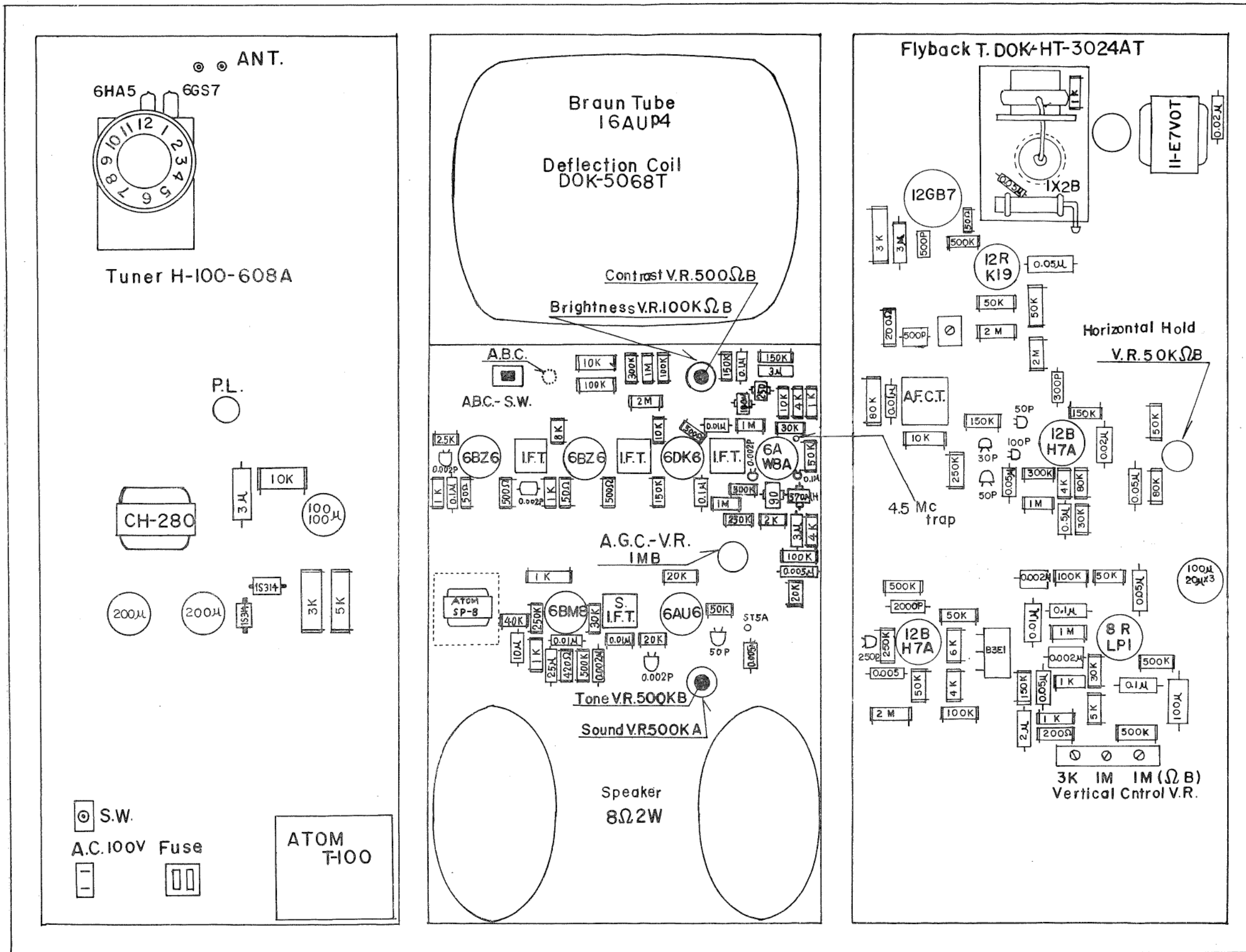


図9 パネル化テレビセットの部品配置 (パネル裏側に配置した部品は記入してない)

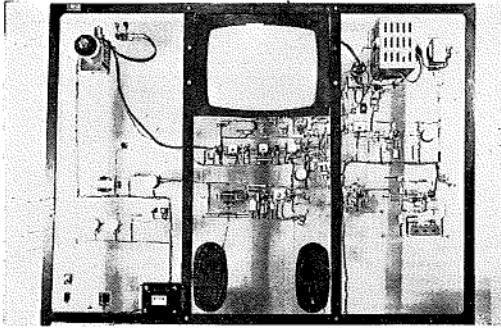


図10 前面写真

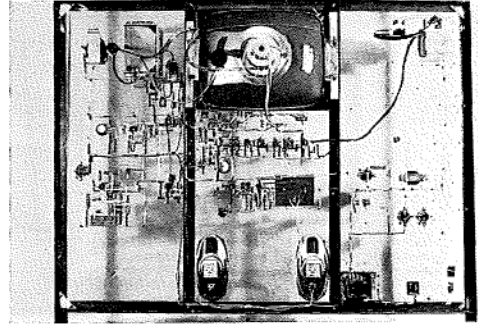


図11 後面写真

5. パネルセットを用いた実験の方法

実験を進める過程はスライド、実験、教科書の三者を平行させて行う。その方法は図12に示してある。学生はまず点線のようにスライドを見てすぐ実験を行う。もちろんT.V.回路についての理論は、この段階では理解していない。次に今実験で確かめた事柄を頭に浮かべ、教科書に立ちもどって実験で扱った部分の回路について調べ、納得し

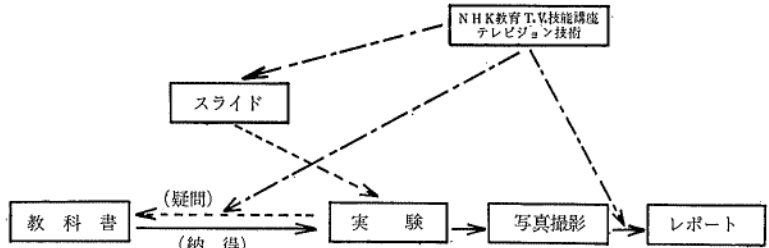


図12 実験の進め方

たらさらに同じ実験を行い、オシロスコープの波形を写真撮影し、理論等も付記した報告書を一週間のちに提出する。本実験に採用した教科書は、NHK編「新テレビジョン技術教科書」である。又補助教科書として、NHKT.V.技能講座で用いている「テレビジョン技術」を全員にもたせている。後者は前者の要約版である。NHK編のものを用いた理由には、この実験の前後、又は同時にNHK技能講座を視聴する事により、いっそう理解を深める事が可能である。この実験とNHKの講座との関連については図12に破線で示してある。スライドは全くT.V.回路について予備知識のないものでも、一見すれば実験が行えるように編集した。

6. 実験用スライド

T.V.回路を細く検討すると、非常に膨大な実験になり、限られた時間内で消化する事は不可能である。故にこの実験では回路を8項目の基本的なブロックに分割し、それに全体のブロックダイアグラムを加えて、9枚のスライドにまとめた。そして週当たり3項目のブロックについて実験を行う。スライドの主な内容は各ブロックの検定、調整について示されている。ここでは各スライドについての説明を行う。

6.1 T.V.回路の構成(スライド—1—), 図13—1

このスライドを見てT.V.回路の基本をパネルT.V.セットと比較して理解し、受信された電波がどのような系路を経て知覚され得る信号になるかを確認する。図中に記入されている周波数

は、UHF帯第3チャンネルに例をとってある。尚このスライドは文献¹⁴⁾より複写した。

6・2 テューナー回路 (スライド—2—), 図13—2

テューナー回路の調整を行う要領を示したものである。実験者はオシロに画かれる波形が双峰特性を示す事確かめ、その理論的根拠を回路学的に考察する。そして高周波増幅回路、ヘテロダイン検波方式等について理解し、ファインチューニングの調整ねじ等も高周波ドライバでまわしてみ、双峰特性が歪まぬことをたしかめ、写真撮影を行って報告書にまとめる。

6・3 中間周波増幅回路 (スライド—3—), 図13—3

この回路は略してI.F.AMP.と云う。スライドは調整、検定を行う要領を示している。チューナーの6GS7真空管でヘテロダイン検波され周波数変換された中間周波は、約3~4 Mcの広い帯域幅をもっている。よってI.F.AMP.にはスタガ増幅回路が採用されている。実験者はこの回路を理解し、特性曲線で、22.5Mc, 28.5Mcのところで急に増幅度を落してある理由について考察し、このトラップはどこで行うかを調べ、I.F.T.の調整トリマをまわしてみてもどの部分の波形がどのように変るかを実験してみる。

6・4 映像増幅回路 (スライド—4—), 図13—4

このスライドの中にはVideo AMP.のみでなく映像検波回路も含まれている。実験者は回路中に含まれている*peakingcoil*の働きを知り、各コイルはオシロで観測されている波形のどの部分に作用しているかを調べ、広帯域増幅回路を理解する。この回路の測定には*Ge diode unit*¹⁵⁾と云う一種の検波器が必要である。

6・5 同期分離, 同期幅回路 (スライド—5—), 図13—5

映像増幅回路からこの回路に同期、映像、音声の三者が同時に入ってくる。しかし同期信号は映像信号に比較して“黒よりも黒いレベル”であるという事を応用して、12BH7Aの初段で分離する。実験者はこの分離の原理を知り、分離された同期パルスがどのような性質のものであるかを調べる。次にこのパルスを一段増幅するが、この三極管を用いた増幅回路の原理についても調べる。

図13 実験に用いているスライド

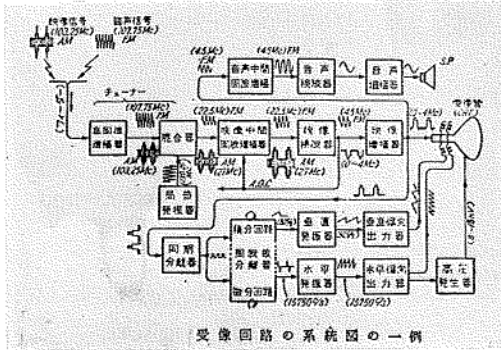


図 13-1

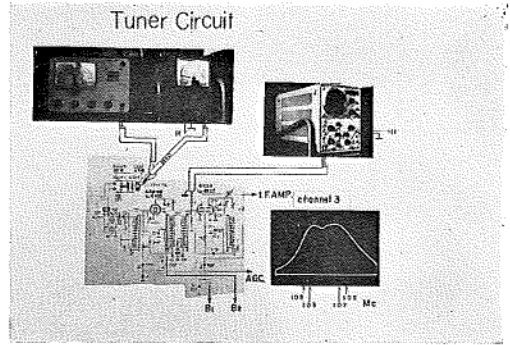


図 13-2

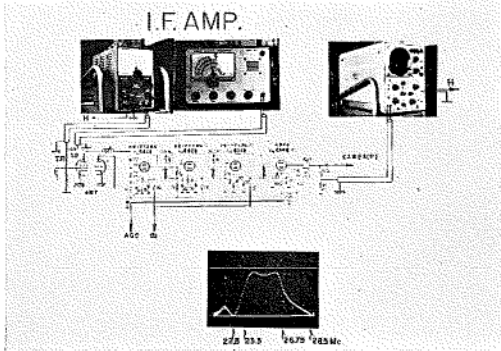


図 13-3

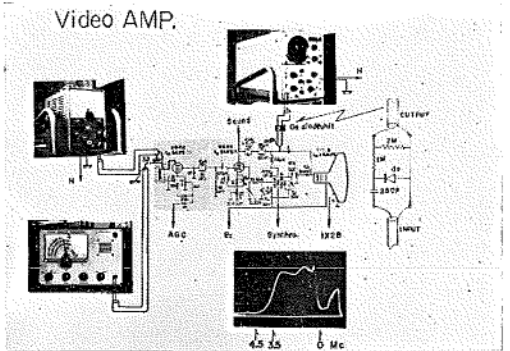


図 13-4

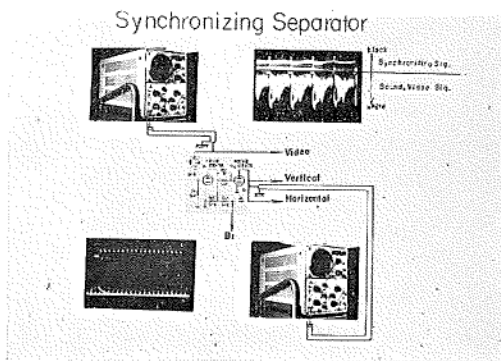


図 13-5

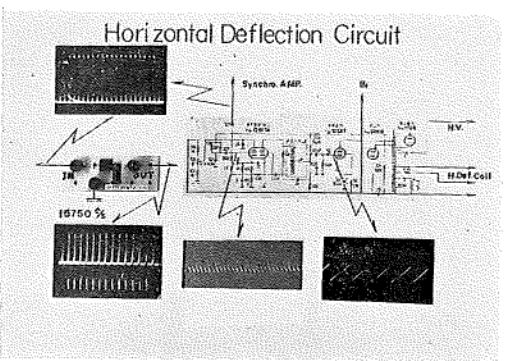


図 13-6

尚ブラウン管回路の中にも同期信号は入って行くが、その影響は我々に視覚されない理由についても実験者は考える。

6・6 水平偏向回路 (スライド—6—), 図13—6

スライドは同期増幅から入って来たパルスは微分回路を通り, 位相弁別回路, A.F.C.回路, 水平出力, 高圧発生回路を通り, 偏向コイルにかかる電流と高圧電圧に作り変えられる様子を示したものである。実験者は上記の基本回路要素について理解し, *scanning* の概要を知る。

6・7 垂直偏向回路 (スライド—7—), 図13—7

スライドは同期増幅回路から出たパルスが, 積分回路を通過すると低域の信号 $60c/s$ のパルスのみになる事を示し, あとの回路は正確な $60c/s$ の鋸歯状波を作る機構である。

実験者は上記の基本回路素子について考察を加え, 飛越走査の概要を知る。

6・8 音声検波回路 (スライド—8—), 図13—8

T.V. の音声信号は F.M. で送信される。受信機側では F.M. 検波を行って音声電流をとり出さなければならない。このスライドは音声検波回路の検定の要領を示したもので, オシロに書き出される曲線を S 字カーブと呼んでいる。実験者は F.M. 検波方式について調べ, インタキャリア方式の T.V. 回路では, S 字カーブの中心が $4.5Mc$ になっている理由を理解する。

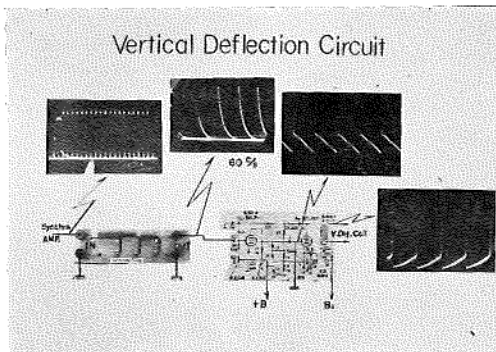


図 13—7

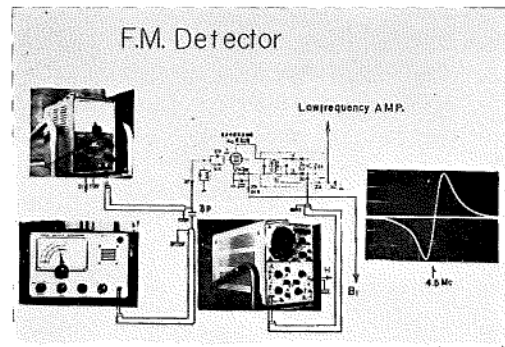


図 13—8

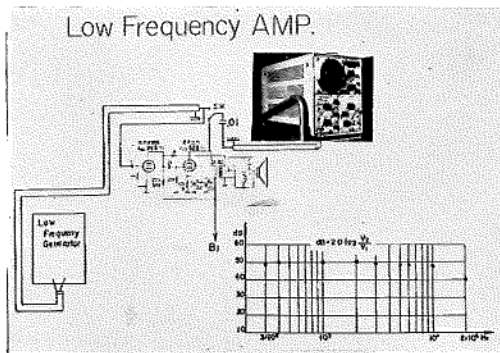


図 13—9

6・9 低周波増幅回路（スライド—9—），図13—9

F.M. 検波器からとり出された音声電流は，微弱でスピーカを働かすだけの電力がない．従って 6BM8 で増幅するのである．実験者はスライドのようにしてこの増幅器の利得曲線を求め，低周波増幅器の理論についても理解する．

7. 結 言

過去一年間この方法で実験を進めてみて，(1)セットをパネル化したため，実験を修めた者に“T.V. 回路はそれ程複雑なものでない”という自信をもたせ得た．(2)複雑な回路図でも，基本的な要素に分けて考えようとする態度を養う事ができた．(3)スライドを用いたために，教官がつきっきりで指導すると云う難点がなくなった．以上3点のような成功をみた，いずれにしても BERKELEY の実験方式を導入する事によって，短い期間でテレビジョン回路を理解させ得る事が知られた．

本実験に使用したパネル型 T.V. セットの製作に当り，北原昌明，塚田義和両君の協力を得ました事を感謝します．

参 考 文 献

- (1) 梶川，渋谷，伊林：北海道大旭川分校物理学教室卒業論文（1963）
- (2) 北原，塚田：北海道大旭川分校物理学教室卒業論文（1968）
- (3) NHK 編：新テレビジョン技術教科書（NHK 出版部 1966）
- (4) NHK 編：NHK 技能講座テレビジョン技術（NHK 出版部 1967）
- (5) Berkeley Physics Laboratory: *Laboratory Physics part B* (McGraw Hill, New York, 1965)
- (6) 未武国弘：電子通信学会誌 VOL. 51, No. 2, (1968) P. 228.
- (7) 垣見祥心：科学の実験 VOL. 51, No. 5 (1966) P. 56.
- (8) *Toshiba Electron Tube Hand Book, Special Tube* (Seibundo Shincosya, 1963) p. 347.
- (9) R. M. Besançon: *The Encyclopedia of Physics* (Reinhold Publishing Co. New York, 1966) p. 219.
- (10) T. S. Cary : *Applied Electronics* (Charles E. Tuttle Co. New York, 1964) Chap. 1 p. 35.
- (11) C. Kittel : *Introduction to Solid State Physics* (John Wiley, New York, 1956) p. 513.
- (12) 株式会社スター：Starvision 16T325 説明書（1961）
- (13) 東映無線株式会社：Toei MODEL 16HK 100F 説明書（1967）
- (14) 無線と実験編：Television Service Text（誠文堂新光社，1964）第7版，p. 25.
- (15) 平沢，宮崎，細田：テレビの調整と故障修理（ラジオ技術社 1966）第22版，p. 57.