

シンクロスコープの諸問題

Some Problems on Synchrosopes

矢 浪 正 夫* 上 野 慶 典*
Masao Yanami Keiten Ueno

内 容 梗 概

シンクロスコープは、一般電気現象、特に電子機器の研究、調整、試験用として、欠くべからざる測定器であり、その需要は急激に増加している。筆者らはV-101形(30 Mc)V-102形(15 Mc)V-103形(4.5 Mc)V-104形(2 Mc)の4機種を製品化し、すでに販売して、その成果を世に問うているが、最も標準形であるV-101形(30 Mc)について、その概要、特長および性能向上のための諸問題と解決結果について記述した。

第1表 V-101形主要性能表

	V-101	TEK 545A
垂 直 軸		
1. 主 増 幅 器		
立 上 り 時 間	0.01 μ s	0.012 μ s
信 号 遅 延	0.2 μ s 平衡形遅延回路網	0.2 μ s 平衡形遅延回路網
直 線 偏 向 幅	4 cm	4 cm
2. 前 置 増 幅 器	P-101A	TYPE 53/54 K
偏 向 率	0.05 V/cm AC または DC	0.05 V/cm AC または DC
立 上 り 時 間	0.006 μ s	0.006 μ s
周 波 数 特 性	DC~30 Mc +1 dB-3dB 以内	DC~30 Mc (-3dB at 30 Mc)
減 衰 器	9段 0.05~20 V/cm 誤差 \pm 3%以内	9段 0.05~20 V/cm 誤差 3%以内
入 力 最 大 電 圧	600V	AC 600V
入 力 イ ン ピ ー ダ ン ス	1 M Ω 22 pF	1 M Ω 20 pF
10:1 プ ロ ー プ	10 M Ω 12 pF	10 M Ω 7.5 pF
水 平 軸		
掃 引 方 式	自動掃引, トリガ掃引, 単掃引, 外部掃引	自動掃引, トリガ掃引, 外部掃引, 単掃引
掃 引 速 度	0.1 μ s~5 s 24段 4% 0.1 μ s~12 s/cm 連続可変	0.1 μ s~5 s/cm 24段 3% 0.1 μ s~12 s/cm 連続可変
掃 引 拡 大	\times 1, \times 5, \times 10, \times 20, \times 50, \times 100 最大掃引速度0.02 μ s/cm	\times 1, \times 5 最大掃引速度 0.02 μ s/cm
トリガ掃引の同期条件	内部 管面 2 mm以上 外部 0.2~50Vpp 周波数帯域 DC~5 Mc/s	内部 管面 2 mm以上 外部 0.2~50V pp 周波数帯域 DC 5 Mc
その他の場合の同期条件(HFSYNC)	内部 管面 2 cm 以上 外部 2 V~50 Vpp 周波数帯域 5~30 Mc	内部 管面 2 cm 以上 外部 2 V以上 周波数帯域 5~30 Mc
外 部 掃 引 入 力		
偏 向 率	0.2, 0.5, 1, 2, 5 V/cm 電圧直読	0.2~15 V/cm 連続可変
周 波 数 帯 域	DC~500 kc(calibratedにて)	DC~240 kc -3 dB
入 力 イ ン ピ ー ダ ン ス	1 M Ω 50 pF	1 M Ω 55 pF
3. 較 正 用 電 圧	0.2mV~100 Vpp 18段 固定 \pm 3%以内 \pm 1 kc 矩形波	0.2 mV~100 Vpp 18段 固定 3%以内 \pm 1 kc 矩形波
4. 外 部 出 力		
ゲ ー ト 出 力	+30V	+30 Vpp
の こ 歯 状 波 出 力	+150V	150 Vpp
垂 直 軸 信 号	20 c/s~4.5 Mc	あり
5. 高 圧 お よ び ブラ ウ ン 管		
ブラ ウ ン 管	5 BHP ₂ (希望により p. 1, 7, 11)	5 BHP ₂ (希望により p. 1, 7, 11)
高 圧 発 生 方 式	高周波発振整流安定化電源	高周波発振整流安定化電源
ブ ラ ン キ ン グ	直流結合	直流結合
6. 輝 点 位 置 指 示	あり	あり
7. 掃 引 遅 延	なし	1 μ s~0.1 s

1. 結 言

シンクロスコープは、単に瞬時現象観測装置にとどまらず、精密な測定器であり、かつ使用ひん度および使用時間が長く、相当複雑な回路をコンパクトに組立てる必要があるため、すぐれた総合性能を発揮するためには、種々の問題点を解決しなければならない。特に使用上操作しやすいこと、観測値が正確であること、故障のないことが非常に重要である。昭和電子で製品化したV-101形(垂直増幅器帯域DC 30Mc)の概要および問題点の解決について述べたい。

2. V-101形シンクロスコープの概要

V-101形シンクロスコープの主要性能は第1表に示すとおりであって、同表に米国テクトロニクス社の標準製品である545A形を併記した。方式上異なる点は以下に述べるが、特に著しい相違点は掃引遅延方式に対して掃引拡大方式を採用した点であって、その利点は、一般的なシンクロスコープの使用面において、きわめて操作が容易に波形相互の拡大像が観測できる点およびトリガ、ジッタの少ない点である。しかしパルスの繰返し間隔が非常に長い場合で拡大倍率100倍でも、なお拡大率が不足な場合は掃引遅延方式にしなければならない。このような場合はシンクロスコープの一般的使用面では少ない例であるが、遅延掃引ユニットとして製作し、併用可能である。方式上の特長とする諸点は下記のとおりである。

(1) 掃引拡大を5, 10, 20, 50, 100倍とし、上述せるようにきわめて容易な操作、すなわちトリガ調整を再度行うことなく、波形相互間の細部観測ができる。

(2) 水平軸増幅器を広帯域、高感度とし、なお偏向電圧を直読できるようにし、X-Yオシロとして用いることができる。

偏 向 率 0.2, 0.5, 1, 2, 5 V/cm 電圧直読
周 波 数 帯 域 DC~500 kc (CALIBLATED)
入 力 イ ン ピ ー ダ ン ス 1 M Ω , 50 pF

(3) トリガ増幅回路周波数帯域および利得を十分取り、小信号高周波のトリガ掃引条件をよくした。

内 部 同 期 管面 2 m/m 以上
外 部 同 期 0.2~5 V p.p.
周 波 数 帯 域 DC~5 Mc

第1図にV-101形のブロックダイアグラム、第2図にその外観写真を示す。なおV-101形にはP-101A, B, C, D, 4個のプラグイン前置増幅器を差し換えて、それぞれの用途に使用することができる。第2表にそれらの仕様を示し、第3図に外観写真を示す。

* 昭和電子株式会社

3. シンクロスコープ性能向上の問題点

シンクロスコープの総合的な性能向上のためには種々の問題点があり、それらは回路設計、配線設計、機構設計および使用部品性能などの問題に大別せられ、現在ほぼ満足すべき状態にまで解決されている。

上記の問題点をさらに分析するとおおむね下記のとおりである。

(1) 電気的性能上の問題

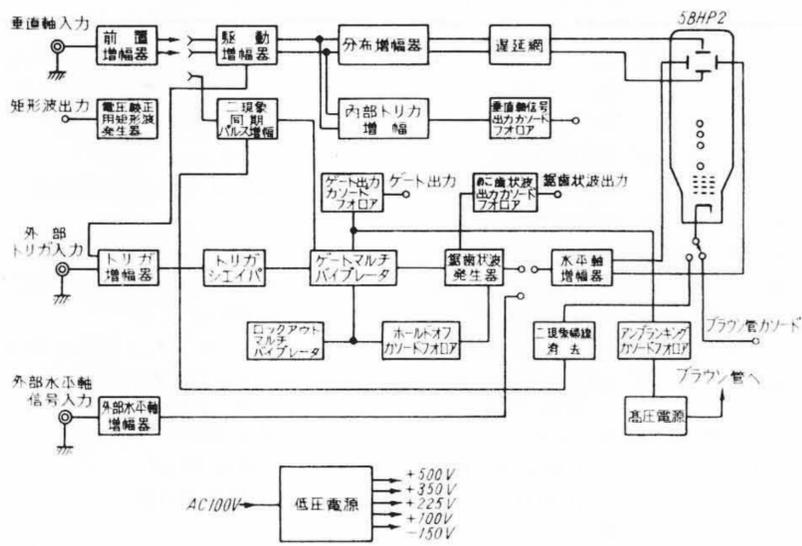
(a) 回路特性

垂直増幅器および信号遅延回路、トリガ特性、時間軸精度お

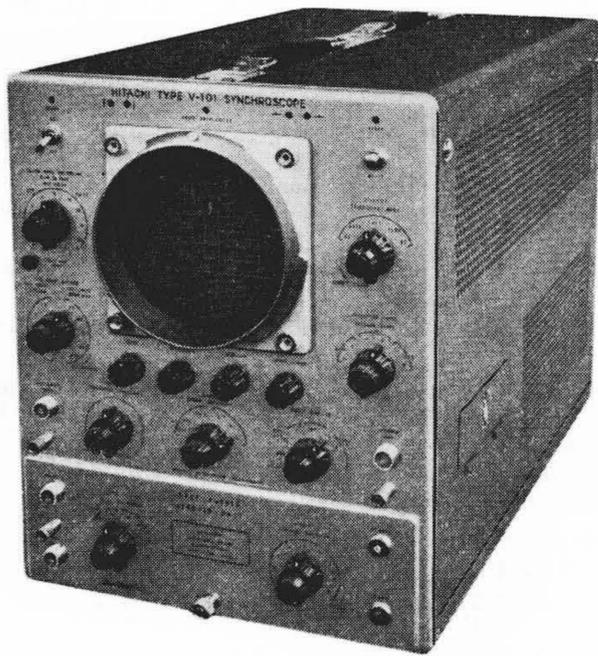
第2表 ブラグイン前置増幅器主要性能表

(V 101 形シンクロスコープと組合せたとき)

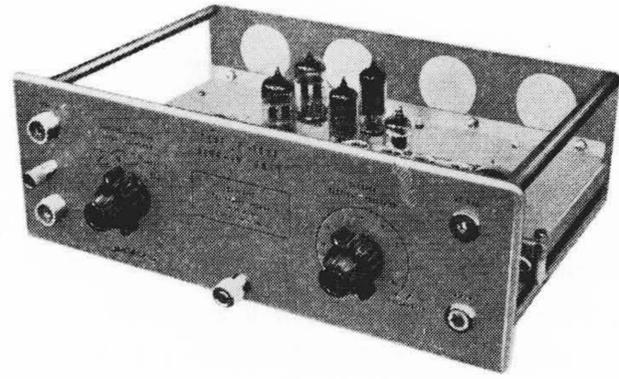
名称	広帯域形	2現象形	高感度形	差動増幅形
形式	P 101 A	P 101 B	P 101 C	P 101 D
偏向感度	0.05 V/cm AC または DC	0.05 V/cm AC または DC	0.005 V/cm AC または DC	0.05 V/cm AC または DC
立上り時間	12 m μ s	15 m μ s	24 m μ s	18 m μ s
周波数特性	DC~30 Mc +1 dB 以内 -3 dB 以内 2c/s~30 Mc +1 dB 以内 -3 dB 以内	DC~24 Mc +1 dB 以内 -3 dB 以内 2c/s~24 Mc +1 dB 以内 -3 dB 以内	DC~15 Mc +1 dB 以内 -3 dB 以内 2c/s~15 Mc +1 dB 以内 -3 dB 以内	DC~20 Mc +1 dB 以内 -3 dB 以内 2c/s~20 Mc +1 dB 以内 -3 dB 以内
減衰器	0.05 V~20 V/cm 9段	0.05 V~20 V/cm 9段	0.005 V~20 V/cm 12段	0.05 V~20 V/cm 9段
最大入力電圧	せん頭値 600V	せん頭値 600V	せん頭値 600V	せん頭値 600V
入力インピーダンス	1 M Ω 25 pF (本体のみ) 10 M Ω 10 pF (プローブ使用)	1 M Ω 30 pF (本体のみ) 10 M Ω 15 pF (プローブ使用)	1 M Ω 45 pF (本体のみ) 10 M Ω 20 pF (プローブ使用)	1 M Ω 30 pF (本体のみ) 10 M Ω 15 pF (プローブ使用)
	入力端子 2ヶ付	代数和回路付		リジェクション比 100:1



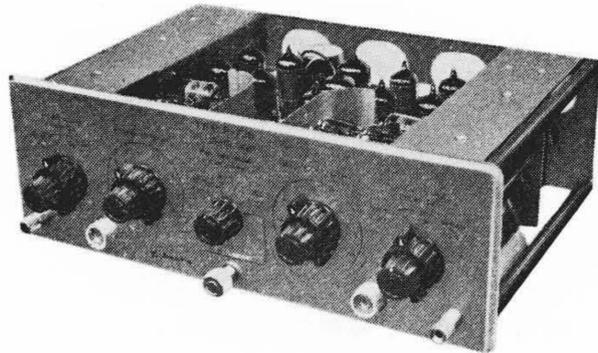
第1図 V-101形ブロックダイアグラム



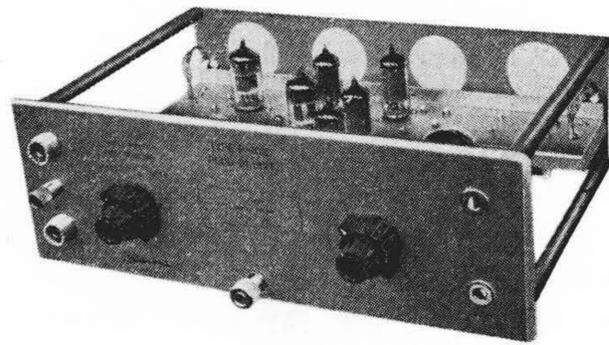
第2図 V-101形シンクロスコープ外観



P-101A



P-101B



P-101C

第3図 ブラグイン前置増幅器

よび直線性, 信号入力回路 (減衰器)

(b) 同上安定度

垂直増幅器ドリフト, 時間軸精度ドリフト, 高圧回路安定度など

(c) ブラウン管

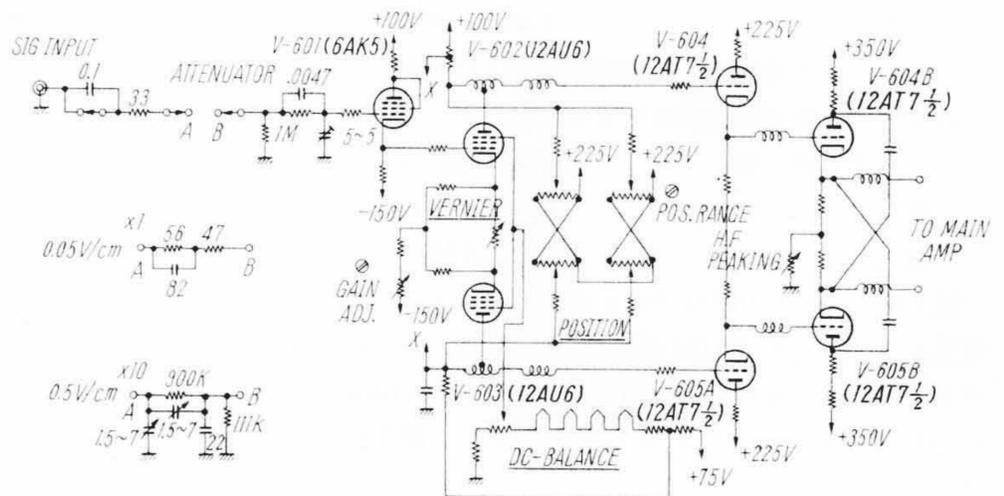
偏向感度, ひずみ, 輝点幅など

(d) 電気部品類

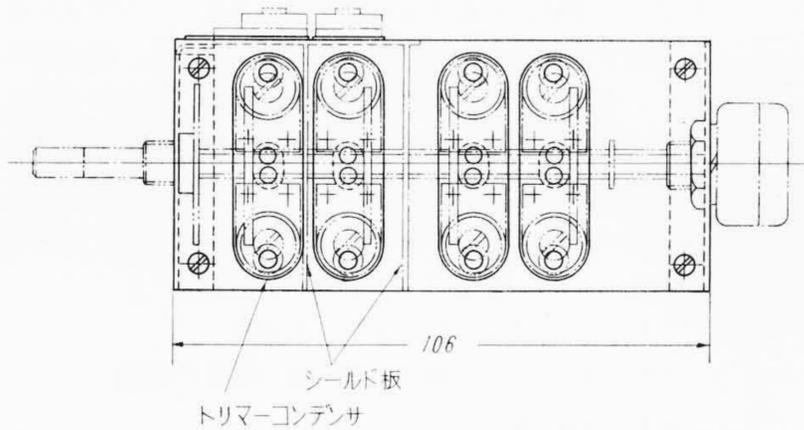
真空管 (特性のバラツキ), 変圧器, 抵抗, コンデンサ, 端子台など

(e) 同軸ケーブル

プローブ用, 高インピーダンス, ケーブル



第4図 P-101A形前置増幅器結線図



第5図 P-101C形減衰器シールド構造

(2) 機械的性能上の問題

(a) 可動部品類

ロータリスイッチ, 可変抵抗器, トリマコンデンサ, つまみ類
上記のように, あらゆる面で問題点が多いが, 特に重要な部分の
説明と解決した方法について述べよう。

3.1 垂直増幅器

V-101形の前置増幅器(P101A)の結線図を第4図に示す。入力
信号は減衰器を経てカソードフォロア(V-601)にはいり, 次に共通
カソードを持つV-602, V-603の自己位相反転形プッシュプル増幅
器にはいる。V-604, V-605は出力カソードフォロアでV-604B,
V-605Bの陽極から小容量を通して反対側のカソードへフィードバ
ックして, 高域の特性を補償している。

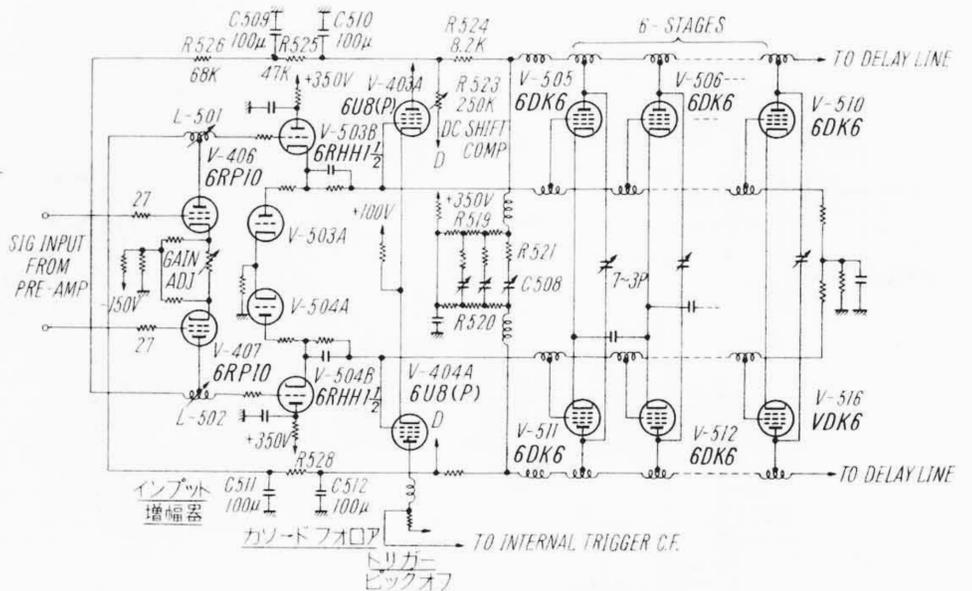
入力減衰器は全帯域にわたり忠実に減衰するように補正回路を持
った減衰器で完全に調整された状態では入力抵抗 $1\text{M}\Omega$, 入力容量
 20pF の一定値になるように設計されている。前置増幅器において
問題になるのは次のような諸点である。すなわち

- (1) 減衰器切替スイッチ間のもれ込み, 他の有害信号のもれ込み
 - (2) 減衰器の全ステップにおける減衰器の周波数補償
 - (3) V-602プッシュプル直流増幅器のDCバランスの漂動
- (1)のもれ込みの現象としては, 具体的に説明すると, 減衰器ス
イッチのレンジを切替えたときに全く同じ波形があらわれるはずの
ものが, 若干オーバーシュートが増加したり, またさざなみが出るよ
うな現象があらわれる。この解決方法として, 第5図に示すように
ロータリスイッチのウェーハの間に金属遮へい板をそう入して, ウ
ェーハ間の結合を断って有効にもれ込みを防止した。高利得の場合
特に必要である。

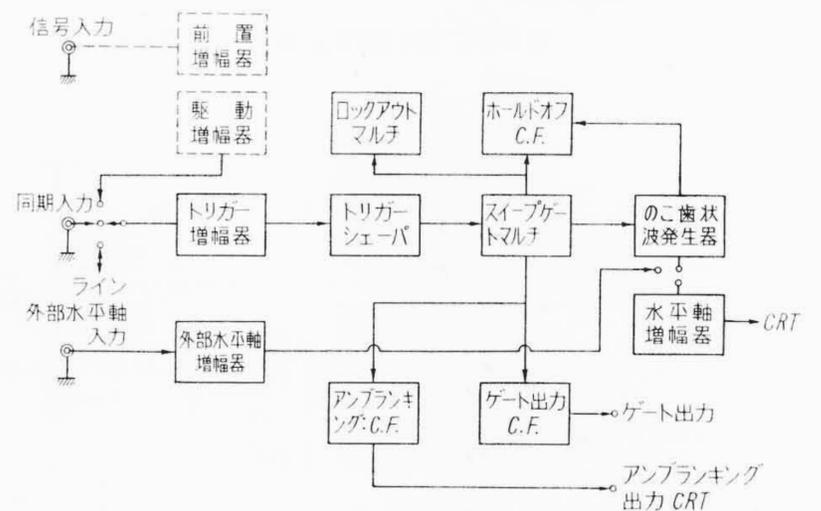
(3)のDCバランスの問題は, 掃引線が長時間経過すると上下
に漂動する現象で, この発生の原因は前置増幅器 V-602, V-603
(いずれも 12AU6) よりなるプッシュプル増幅段において, 抑制格
子に加えている補償用直流電圧の変動, および真空管の特性の漂動
によって生ずる不平衡によるもので, 特に後者に著しく影響され
る。したがって昭和電子では, あらかじめベアチューブの選択を行
っており, その結果掃引線の上下漂動は 1mm 以内におさまっている。

第6図は主増幅器の結線図(一部簡略化してあるもの)で, 前置増
幅器より与えられたプッシュプル信号を所要電圧まで増幅する直流
結合増幅器である。第6図において V-406, V-407は駆動増幅器,
V-503B, V-504Bは分布増幅器格子入力カソードフォロア, V-
505~V-516は6段の分布増幅器, V-403A, V-404Aはドリガ,
ピックアップ用のカソードフォロアである。

駆動増幅回路は, 直流および極低周波の利得補正に C-509, R-
524, R-527 および C-511 を用いている。なお高域に対する利得補



第6図 主垂直増幅器結線図(簡略化)



第7図 掃引回路ブロックダイアグラム

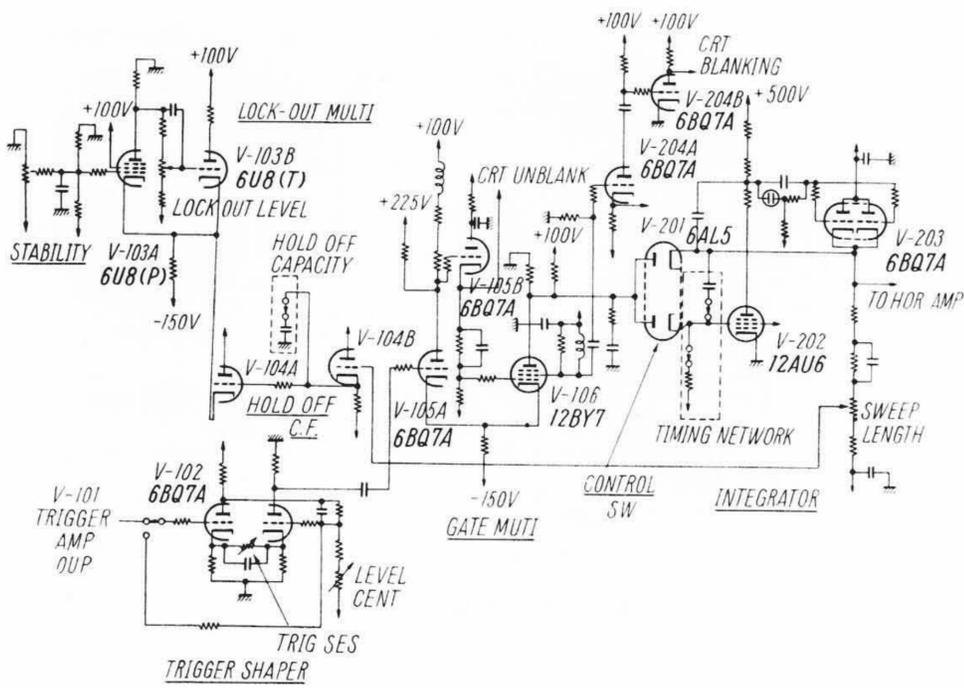
償のためにプッシュプル増幅器の陽極回路の L-501, L-502 で調整
している。分布増幅器の1セクションあたりの遅延時間は $0.003\mu\text{s}$,
全体として $0.015\mu\text{s}$ 遅れ, さらに LC形遅延線路で $0.185\mu\text{s}$ 遅れ,
合計 $0.2\mu\text{s}$ だけ信号遅延が行われる。分布増幅回路はセクション数
が多くなると遮断周波数よりもむしろ位相ひずみの方で限界が決め
られる。進行波形増幅器であるから, 陽極線路および格子線路は終
端で反射のないように線路のサージインピーダンスで終端されなけ
ればならない。実際問題として, 純抵抗が得られないので, 第6図
に示すように R-519, R-520 で陽極線路の終端を行っているが, 残
留インダクタンスを打消すために R-521, C-508などで調整してい
る。負荷抵抗は完全に無誘導が望ましく, しからざる場合はミスマ
ッチのために反射を生ずる。

もう一つの問題は分布増幅回路に使用する真空管 6DK6 の内部
電極間容量のばらつきが多いと線路は不均一になり調整用の補償コ
ンデンサを各個に調整しなければならない。これを避けるために
6DK6を特別な仕様により選別し, ほとんど無調整になっている。

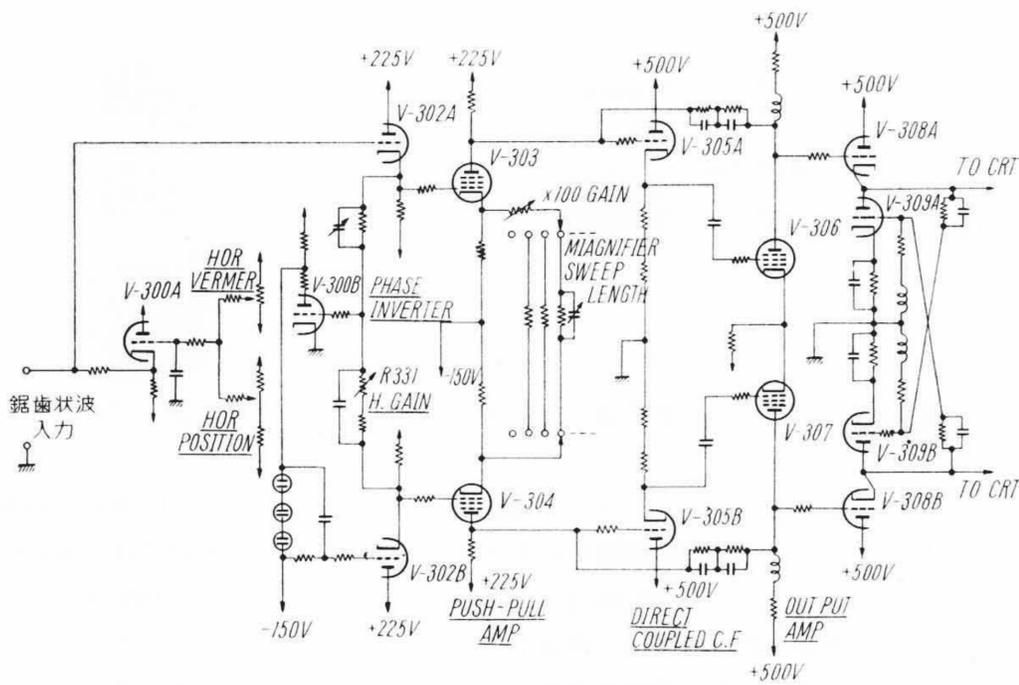
現状では垂直増幅器全系統, すなわち前置増幅器, 駆動および分
布増幅器, 信号遅延回路において個々に調整する必要はなく, きわ
めて短時間に利得, 周波数, 位相特性を行い, 仕様を満足せしめて
いる。

3.2 掃引回路

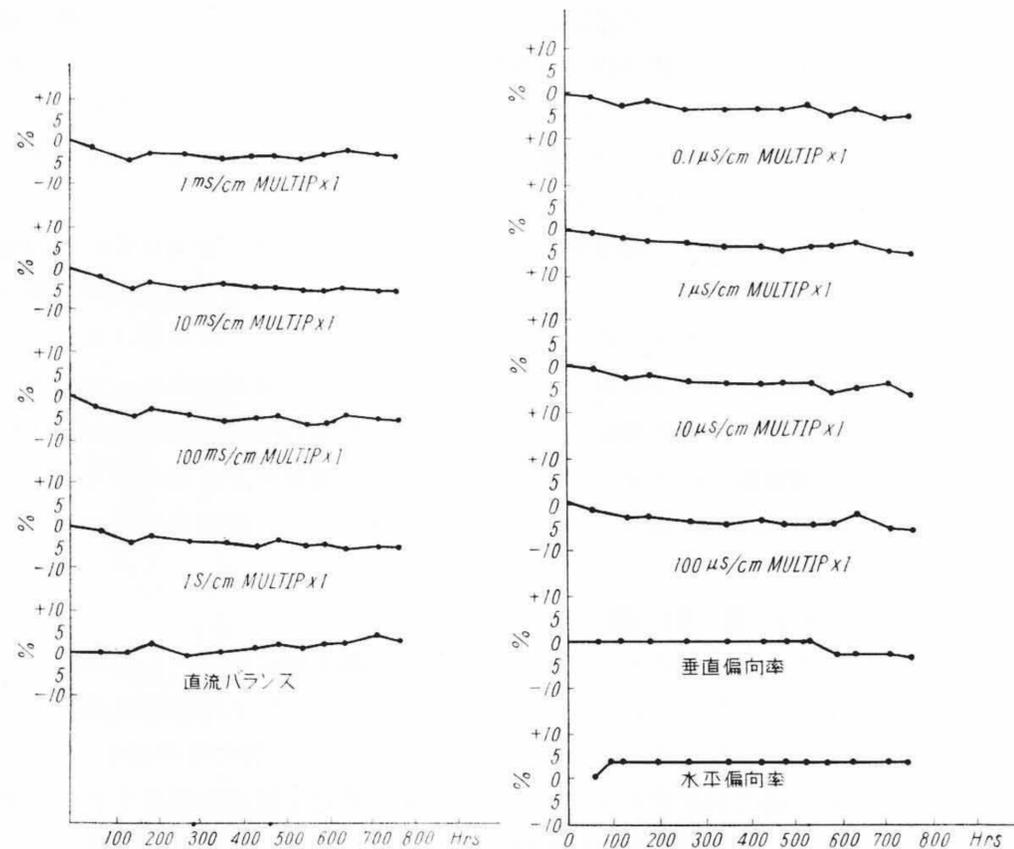
掃引回路のブロックダイアグラムを第7図に示す。この系統図の
中で, トリガアンプ, のこ歯状波発生器および水平軸増幅器が主体
で信号入力によって時間軸を発生し, ブラウン管の時間軸をつくる。
第8図はトリガアンプおよびのこ歯状波発生器の結線図を示し, 第
9図は水平軸増幅器の結線図を示す。水平軸は掃引拡大を行ってい
るので, 利得は通常の場合の最高 100倍にとり, 同時に水平位置調整



第8図 掃引回路結線図 (簡略化)



第9図 水平軸増幅器結線図 (簡略化)



第10図 掃引時間垂直, 水平偏向率および直流バランスの長期変動

によって100倍に拡大せられた全映像をパノラマ式に逐次管面を通過せしめて観測することができる。掃引回路はシンクロスコープとしては垂直増幅器とともに非常に重要で、トリガ掃引としての役割および時間軸としての正確度を保たねばならない。したがって掃引回路としては下記の諸点に関し、十分満足すべき性能を有する必要がある。

- (1) 掃引速度の確度および直線性
- (2) 掃引速度, 輝点位置, 掃引線長の漂動
- (3) 掃引線のジッタ

(1)の掃引速度の確度は掃引発生器の時定数回路の抵抗, コンデンサおよびミラー積分回路によって決定せられ, 抵抗およびコンデンサに関しては特別な仕様のもとに選別し使用している。

直線性に関しては, 水平増幅器の周波数特性によるもので, 拡大率100倍のため, DC-5Mcの広帯域増幅器を用いている。

(2)の掃引速度, 輝点位置, 掃引線長の漂動の原因としては周囲温度変化による部品定数の変化, 電源電圧変動による真空管あるいはブラウン管の動作特性の変動が考えられる。ブラウン管動作特性の変動とは電源電圧変動によって, ブラウン管高圧回路の出力電圧が変り, したがってブラウン管の偏向率が変化することをいう。前者に関しては温度係数の少ない抵抗およびコンデンサを使用し, 0~35°Cの周囲温度条件に対して仕様を満足せしめ, 後者に関しては, 電源変動に対してヒータ電源および高圧出力を2%以内に安定化して十分仕様を満足している。後述する入力電圧変動試験結果を参照されたい。

(3)の掃引線のジッタはトリガ自体のジッタと, 誘導雑音, 例えば高周波電源からの高周波を拾ったり, またハムを拾ったりする場合と二つの原因に大別することができる。前者はトリガ増幅およびトリガ成形回路の高周波特性低下によって, 特に高周波振動観測時に起る。なお入力電圧がはなはだしく低下して, 電源の安定度が下った場合, トリガ成形回路出力が低下して, ゲートマルチのところジッタを起すが, これは入力電源の変化が仕様をはずれた場合であるから論外である。上記に関してはトリガ増幅器および成形回路を調整仕様通り行って問題はない。

後者は水平軸増幅回路への誘導を防止すればよいのであって, 高周波電源のシールド, 誘導を避ける配線を行って解決している。

3.3 ブラウン管

シンクロスコープの重要部品であるブラウン管は日立製作所製で, 掃引拡大のために生ずるハレーションを独特な方式で防止しており, 偏向ひずみも非常に少ない。V-101形に使用している5BHP₂の試験規格表を第3表に示し, 第4表には特に偏向ひずみなどに対する詳細仕様を示す。

4. V-101形シンクロスコープ試験結果

V-101形シンクロスコープについて, 性能向上および事故予防のために絶えず温湿度試験, 振動試験, 寿命試験などを行っている。これらのほかにシンクロスコープとして顧客からよく指摘され, かつ非常に重要な問題は次の二点である。すなわち

第3表 5BHP₂ 試験規格

項目	略号	試験方法	条件	最小	標準	最大	単位
ヒータ電流	I _r	4.1		0.54	0.60	0.66	A
第1陽極電流	I _{b1}	4.3.2	E _{c1} =0	-50	-	10	μA _{dc}
耐圧(1)		4.4.1	30s				
耐圧(2)		4.4.2	30s				
ガスひずみ		4.5.1	ΔI _{b3} =15 μA _{dc} : (注1)				
偏向軸角度	θ	4.6		88	90	92	deg
カソードの明るさ		4.7					
ストレーエミッション	SE	4.8	E _{b3} =13,200 V _{dc} : E _{b2} , E _{1S} , E _{DS} =2,200 V _{dc}				
けい光面	SQ	4.9	有効直径内				
変調特性	ΔE _{c1}	4.11	ΔI _{b3} =15 μA _{dc} : (注1)	-	-	55	V _{dc}
輝線幅	WA	4.12.1	ΔI _{b3} =15 μA _{dc} : (注1)	-	-	0.8	mm
輝線幅	WB	4.12.1	ΔI _{b3} =15 μA _{dc} : (注1)	-	-	0.9	mm
輝点位置	SP	4.13.2		-	-	10	mm
輝点移動	SD	4.14	Z _d =10 MΩ	-	-	10	mm
輝点消去電圧	E _{c0}	4.16		-50	-65	-80	V _{dc}
集束電圧	E _{b1}	4.17	ΔI _{b3} =15 μA _{dc} : (注1)	180	385	590	V _{dc}
偏向率 X	DFX	4.18.1		27.6	30.5	33.5	V _{dc} /cm
偏向率 Y	DFY	4.18.1		5.9	6.5	7.2	V _{dc} /cm
偏向率均一度	DFU	4.18.2					%
パターンひずみ	PD	4.18.2	追加規格による				
偏向板間シールド電圧	E _{is}	4.18.4	(注2)	1,580	-	1,760	V _{dc}
偏向補正電圧	E _{ds}	4.18.5	(注3)	1,580	-	1,760	V _{dc}
ヒータカソード漏えい	I _{hk}	4.19.1					μA _{dc}
第1グリッド漏えい	I _{L1}	4.19.2					μA _{dc}
ヘリカル電極抵抗	R _{hel}	4.19.6	(注4)	200	-	1,000	MΩ
静電容量	Gと他電極	C _{g1-a11}	4.20	-	6.4	-	pF
	Kと他電極	C _{k-a11}	4.20	-	4.6	-	pF
	X偏向板	C _{x-x}	4.20	-	1.9	-	pF
	Y偏向板	C _{y-y}	4.20	-	1.5	-	pF
振動	VIB	4.21					
口金取付角度	BO	5.2.1	Y-Y: ピン #1	-	-	10	deg
側面端子取付角度	TO	5.2.2	X-X: P ₃	-	-	10	deg
口金取付強度		5.3					

注: 1. ΔI_{b3} (ヘリカル電極抵抗電流)
2. パターンひずみが最小になるように調整する
3. Y方向の偏向率均一度を最良に調整する
4. 注カットオフ時の I_{b3} より換算する

第5表 入力電圧変動試験

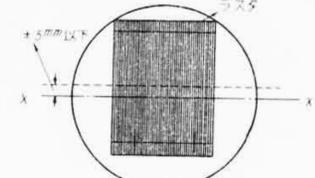
試験項目	電源 95V	100V	110V
アスタイグ・フオカス	良	良	良
較正用電圧	100V	100V	100V
較正電圧波形	良	良	良
垂直偏向感度	40m/m	41m/m	42m/m
水平偏向感度	50.5m/m	50.5m/m	50.5m/m
垂直DCバランス	-1m/m	+0.5m/m	-0.5m/m
スローブレングス	106m/m	105.5m/m	106m/m
スローブタイム			
0.1 μs	0%	0%	-1%
1.0	0	0	0
10.0	0	0	0
1 ms	+1	+0.5	0
10 ms	+2.5	+2.0	+2
100 ms	+2.0	+2.0	+2.0
1 s	0	0	0
同期状態			
DC (DC-5Mc)	良	良	良
SLOW (160c/s~5Mc)	良	良	良
FAST (16kc~5Mc)	良	良	良
AUTO (60c/s~2Mc)	良	良	良
輝点位置移動	+4.0m/m	0	+4.5m/m

(1) シンクロスコープを使用している時間は1日の中でも非常に長く、その間、電源は常に変動していることが多い。シンクロスコープとしては、使用電源条件として範囲を決めているが、重要な特性が規格をはずれてはならないことはもちろんのこと、変化が全くないことが最も望ましい。また規格には表現しにくいトリガ特性なども問題になる。上述の理由で電源電圧変動に対する特性試験結果は重要である。

第4表 5BHP₂ 追加規格

- Y有効域の偏心

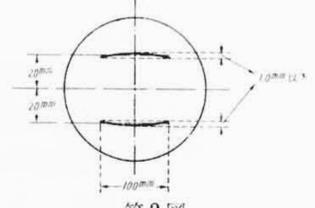
第1図に示すように蛍光面の X-X (破線) の幾何的中心線と Y 偏向をふり切らせたラスタの中心線 (点線) との偏位を ±5 mm 以下とする。


- パターンひずみ

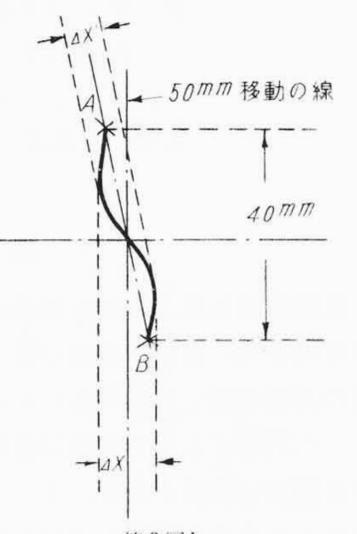
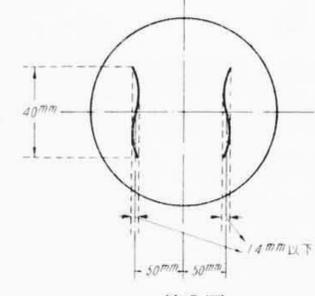
まず 100×40mm のラスタで偏向板シールド電圧 E_{is} を調整し、水平、垂直、両方向ともにひずみが最小になるようにする。

 - X輝線のひずみ

長さ 100mm の X 輝線を蛍光面中心から上下 20 mm 移動したときのひずみが上、下それぞれ 1.0mm 以下とする (第2図参照)。


 - Y輝線のひずみ

長さ 40mm の Y 輝線をけい光面中心から、左右 50mm 移動したときのひずみを測定する (第3図 a 参照)。



第6表 長期間変動試験

測定項目	最大変動値	備考
1 Sweep time	平均値約-4%	規格 ±4%
2 Sweep magnifier	平均値約-5%	規格 ±5%
3 Jitter	ほとんど変動を認めず	
4 垂直軸偏向率	-3.5%	規格 ±3% ただし調節可能
5 水平軸偏向率	+4%	規格 ±5%
6 軸直軸周波数特性	大きな変動を認めず	
7 水平軸周波数特性	大きな変動を認めず	
8 較正器波形, 電圧, 周波数	大きな変動を認めず	
9 DC バランス	管面 6 mm, グリッド換算 30mV	ただし調節可能
10 輝点位置標示ランプ	V 方向約 9 mm, H 方向約 9 mm	
11 Sweep length	約 8 mm 延長	
12 電源電圧変動	ほとんど変動を認めず	
13 機内温度上昇	約 15°C	

(2) 次にシンクロスコープの長時間使用に対して特性が変化すると、測定者として絶えずシンクロスコープの信頼度に対して不安を持つことになるので、長時間連続使用に対する特性変化が問題になる。

V-101 形について上記(1), (2)の試験結果を第5表および第6表に示す。(2)の場合の測定方法は毎日 10 時間使用し、毎日 1 回測定値を記録した。第10図は掃引時間、垂直および水平偏向率、直流バランスの変動を示すもので、約 100 時間の所で変動を始め、それ以後では変化は比較的緩慢で、これは真空管のエージングによる影響と思われるが、さらに調査中である。

5. 結 言

昭和電子シンクロスコープの標準品である 30Mc 帯のものについてその問題点とそれに対する解決方法について述べた。現在すでに生産段階にはいっているが、シンクロスコープの重要性にかんがみ、さらに高度の性能を出すよう努力している。