



出力1.2W, 2つの位相反転回路「PK分割型と差動増幅型」を比較検討した

5A6 3結プッシュプル 無帰還パワーアンプ

岩村保雄 IWAMURA Yasuo



本年4月号に掲載した直熱MT5極管5A6 3極管接続パラシングルパワーアンプをプッシュプル構成に改造したアンプ。出力段の固定バイアス用に負電圧が用意されているので、位相反転回路はPK分割型と差動増幅型を試みた。増幅部は孔あきエポキシ基板に基板用ピンを打ち込み、CRを整然と取り付けている。出力はPK分割型で1.4W、差動増幅型で1.2W、周波数特性は、-1dBで20Hz～45kHzと十分な帯域。差動増幅型では、音の印象が中域重視でパワーが感じられた。

はじめに

直熱3極管シングルアンプの簡易版として、ミニチュア直熱5極管5A6を3極管接続した出力1.1Wの小型パラレル（パラ）シングルアンプを製作し、本誌2017年4月号に発表しました。

今回は、音質の変化と多少の出

力増加を期待して、5A6パラシングルをプッシュプルアンプに改造しました。改造にあたって、シャーシはそのまま使うこと、できるだけシンプルな回路とすることを心がけました。

プッシュプルで問題となるのは位相反転回路で、さまざまな回路がある中からどれを採用するか迷

うところでした。部品点数が少なくシンプルな回路というと、PK分割型位相反転回路が思い浮かびます。また、差動増幅型位相反転回路も負電源が必要なことを別にすれば、部品点数はPK分割型と変わりません。

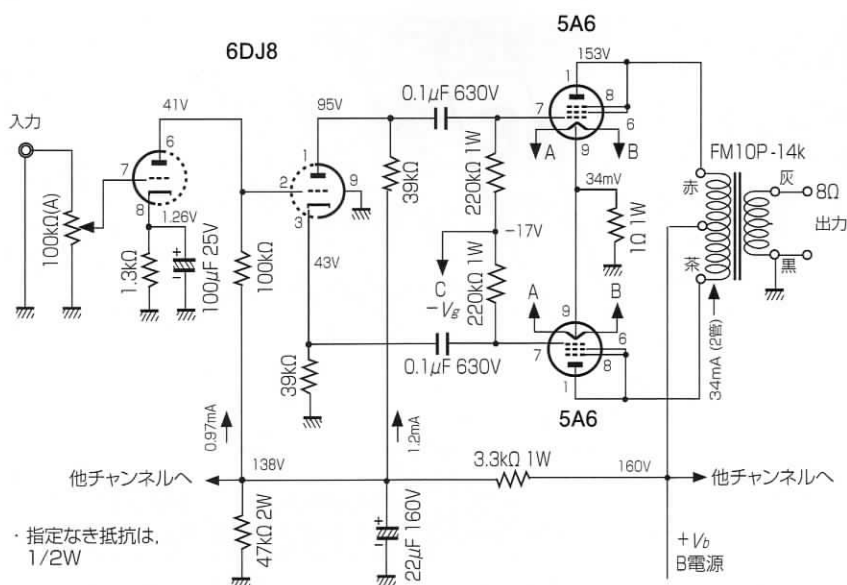
改造前のパラシングルアンプでは、出力段の固定バイアス用に負電源がすでに備わっており、改造するうえではPK分割型と差動増幅型は同等ということになります。

ただし、差動増幅型位相反転回路は共通カソードの定電流素子を介して負帰還が働くので、増幅度は半分となってしまいます。これまで電圧増幅段に使っていた6DJ8 (ECC88) を6AQ8 (ECC85) に置き換えることで、この問題に対応しました。表1に、これらの真空管5A6, 6DJ8, 6AQ8の定格と代表的な動作例を示します。

直熱3極管接続を使った小型アンプをパラシングルからプッシュ

【表1】5A6/6DJ8/6AQ8の定格と動作例

真空管		5A6	6DJ8 (ECC88)	6AQ8 (ECC85)
ヒーター（フィラメント）電圧	E_h [V]	5.0 (2.5)	6.3	6.3
ヒーター（フィラメント）電流	I_h [A]	0.23 (0.46)	0.365	0.435
最大定格				
プレート電圧	E_b [V]	150	130	300
プレート損失	P_p [W]	5	1.8	2.5
カソード電流	I_b [mA]	40	25	25
スクリーングリッド電圧	E_{sg} [V]	150	—	—
スクリーングリッド損失	P_{sg} [W]	2	—	—
ヒーター・カソード間耐圧	E_{h-k} [V]	—	+150, -130	90
動作例		3極管接続		
増幅率	μ	5.7	33	55
プレート抵抗	r_p [kΩ]	1.4	2.64	9
相互コンダクタンス	g_m [mS]	4.1	12.5	6.1
プレート電圧	E_b [V]	150	90	250
スクリーングリッド電圧	E_{sg} [V]	150	—	—
カソード電流	I_b [mA]	21	15	10
グリッド電圧	E_{g1} [V]	-16	-1.3	-2.7
参考：5極管B級最大出力	P_o [W]	2.8		

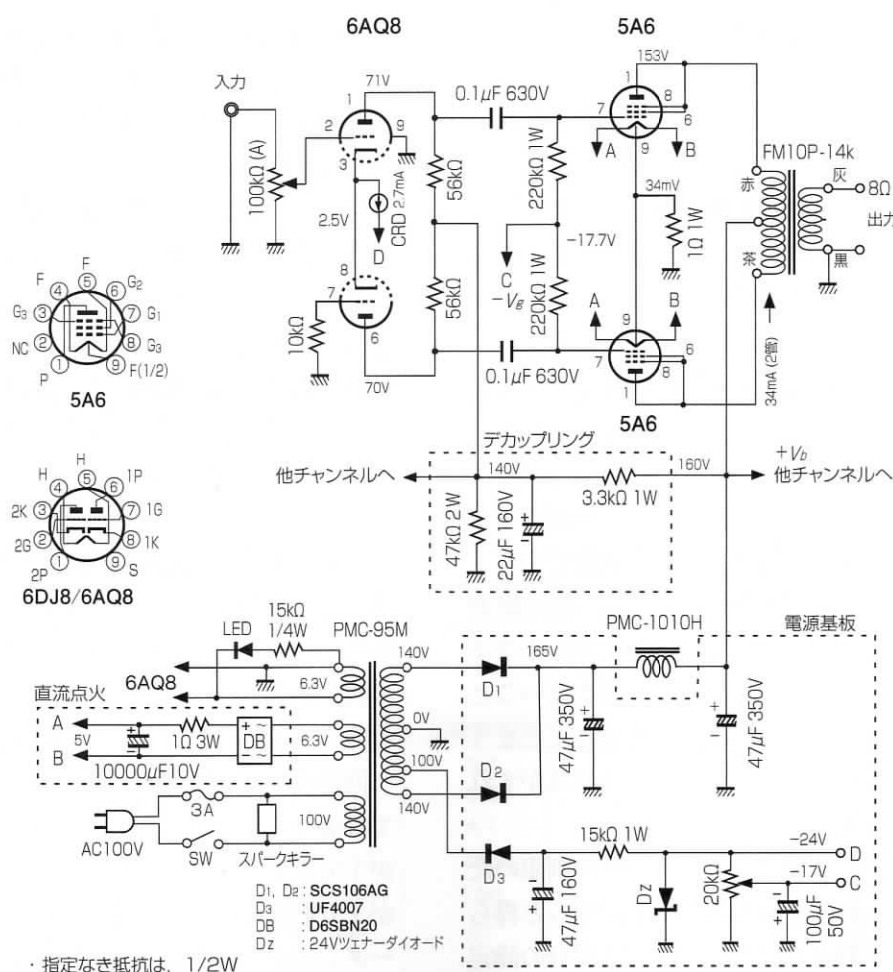


【図2】 PK 分割位相反転を使った 5A6 プッシュプルアンプの増幅回路部

差動増幅型では、定電流回路として定電流ダイオード (CRD) を使用すると、十分な定電流性が得られるので良好なバランスの正相と逆相となります。気になる点は、真空管アンプの愛好者が半導

体素子を嫌っている傾向にあり、CRD でさえなかなか受け入れられないことです。CD プレーヤーを音源にしていれば、それが半導体素子の塊なのにです。

CRD の正体は単純な接合型



【図3】 差動増幅型位相反転回路を使った 5A6 プッシュプルアンプの全回路図

FET で、その $V_{GS}=0V$ での飽和電流をランク分けして使っているだけなのです。CRD はツェナーダイオードのように雑音を発生するわけでもなく、周波数特性も 1MHz 以上まで一定で、整流用のダイオードより問題の少ない素子です。もちろん、2SK30A 同等品を使った可変定電流回路で構成してもかまいません。

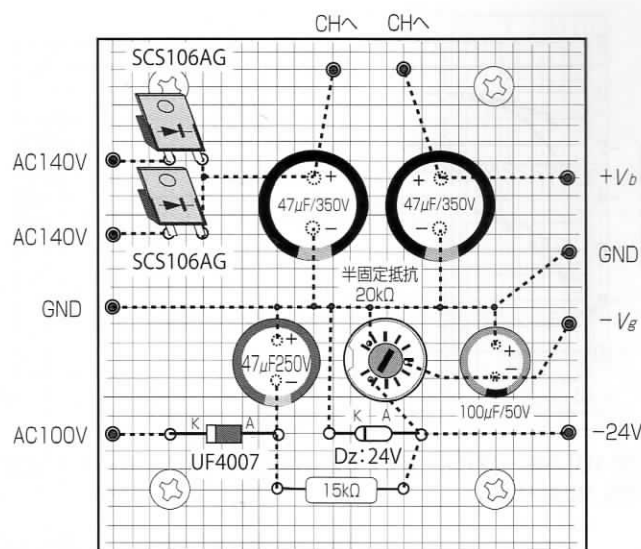
差動増幅型位相反転回路は、位相の反転だけでなく、同時に電圧増幅もしなければならないのに、前述のように増幅度が半減してしまうので、増幅率 μ が 55 の双 3 極管 6AQ8 に変更しました。

負電源回路は、ファストリカバリダイオードを使った半波整流のままとしましたが、負電圧を 24V のツェナーダイオードを使って多少安定化すると同時に、ハムの減少を図りました。CRD を使った定電流特性は、加わる電圧が 3V くらいから実用になりますが、約 10V は欲しいところです。5A6 のグリッドバイアスに -17V が必要なので、調整範囲を考えて負電圧を -24V とすることにしました。ツェナーダイオードでの安定化と簡単な平滑回路で、ハム電圧は十分に抑制されています。

ここまでをまとめた差動増幅型位相反転回路を使ったアンプの回路図を図 3 に示します。

使用部品

出力管 5A6/CV4097 は MT 管の直熱 5 極送信管で、レイセオンあるいは ITT の製品が入手できます。初段 / PK 分割型位相反転回路には、双 3 極管 6DJ8/ECC88 を使います。差動増幅型位相反転回路の場合は、増幅率のさらに大きな双 3 極管 ECC85 を



【図6】電源プリント基板。破線の配線は裏側で、黒丸は基板用ピン。差動増幅回路用の負電圧（-24V）を取り出せるよう改修した

リッジは放熱用シリコンを塗ってネジどめ、すぐ脇にポスト端子を固定して平滑用の10000 μ Fと1 Ω を取り付けます（写真2）。この回路定数で、フィラメント電圧は4.85Vとなります。

プッシュプルへの改造に当たって、パラシングルのときより部品点数が増したので平ラゲ板に載せきれず、回路図（図3）の「デカップリング」と描いた破線枠部を別途立てラゲ板を使って組むことにしました。そのデカップリング回路のようすは、30ページのカラー写真を見てください。

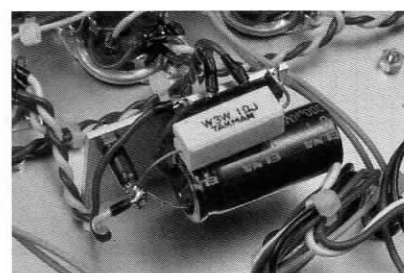
PK分割型位相反転回路と差動増幅型位相反転回路は、両面孔あきエポキシ基板に基板用ピンを

打って14ピン×2列の平ラゲ板を自作し、その上に組み立てます。それぞれの実体配線図を図7と図8に示しますので参考にしてください。

平ラゲ板の自作が難しい場合は、市販されているサトーパーツの15ピン×2列の平ラゲ板を使ってください。その際、ネジどめの孔位置は、実物に合わせて変更してください。

真空管ソケットピンや電源への配線は実体配線図の矢印線と回路図を見比べて作業を進めてください。この基板はM3mmネジの30mm長スペーサーでシャーシに固定します。

シャーシにRCAレセプタクル、



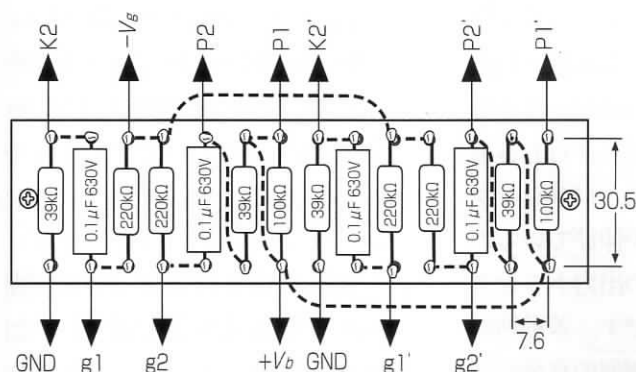
【写真2】フィラメント直流点火回路のセメント抵抗、電解コンデンサー

スピコン、IEC電源コネクター、ヒューズホルダー、電源スイッチ、ボリュームやソケットなどの軽い部品を取り付け、あとから重い出力トランス、チョークコイル、電源トランスを取り付けます。リード線を引き込む孔には、プラスチックブッシングを嵌めておきます。

電源基板、フィラメント用整流部、デカップリング部立てラゲ板をネジどめします。増幅部基板取り付けスペーサーのとめネジに卵ラゲを共締めし、アース母線の端からここでシャーシアースをとります。

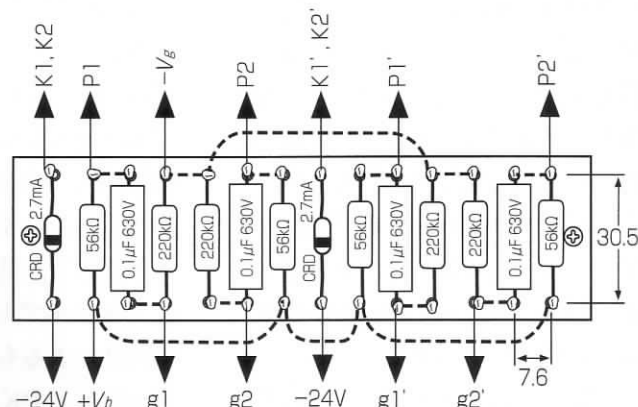
AC100V関係の配線、ヒーターの配線、電源まわりの配線をします。電圧増幅段の配線はカラーページ（p.30）の写真を参考にしてください。RCA入力コネクターからボリュームまではシールド線、ボリュームから初段グリッドまでは配線材を熱って使っています。

配線が終わったら、誤りがないか確認してください。間違いがな



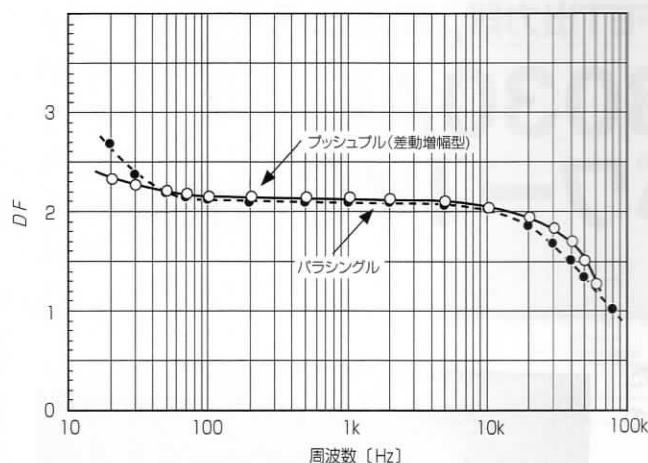
（P1、P2、K2とP1'、P2'、K2'は、6DJ8のプレート、カソード。g1、g2とg1'、g2'は、5A6のグリッド）

【図7】PK分割型位相反転回路用平ラゲ板の実体配線図



（P1、P2、K2とP1'、P2'、K2'は、6AQ8のプレート、カソード。g1、g2とg1'、g2'は、5A6のグリッド）

【図8】差動増幅型位相反転回路用平ラゲ板の実体配線図



[図 11] ダンピングファクター特性

立ったピークやリングングが見られず、クセのある音とは無縁です。なお、PK 分割型を使った場合についても同様の波形でした。

本機は無帰還ですが、念のため無負荷（開放），ならびに $0.1\mu\text{F}$ のみでの 10kHz 矩形波の応答波形を観測しました。 $0.1\mu\text{F}$ のみの場合だけはわずかにリングングが現れますが、すぐに収束するので問題ありません。

まとめと試聴

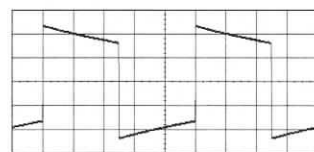
パラシングルアンプをプッシュプルアンプに作り変えたのですが、増幅系としては A 級動作のままです。もっとも大きな違いは出力トランスがシングルアンプ用からプッシュプル用が変わったことで、1 次インピーダンスが 2 倍になって、巻数が大幅に増えただけでなく巻線構造も変わっています。

したがって、シングルアンプとプッシュプルアンプの間ではヒアリングの印象に違いが出てくるはずと考えていました。他方、PK 分割と差動増幅型では動作がかなり違うにもかかわらず、位相反転回路が変わっても、それらの間ではそう大きな変化はないだろうということも考えていました。

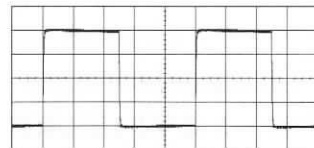
実際のヒアリングの結果では、PK 分割型を使ったプッシュプル

アンプの音の傾向は、パラシングルアンプの延長線上にあるように感じられました。すなわち、繊細で分解能の良い音、比較的 low 域の厚みも感じられるのです。

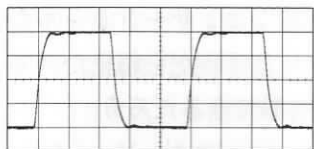
いっぽうで、PK 分割型プッシュプルアンプと差動増幅型プッシュプルアンプの間には予想と違って、音の傾向に違いがあるようです。位相反転回路を差動増幅型にすると、小出力なのにもかかわらず、音の印象が中域重視でパワーが感じられるという方向に変わってきました。どちらが良いのかは難しいところで、こればかりは製作者の好みとしか答えることができません。



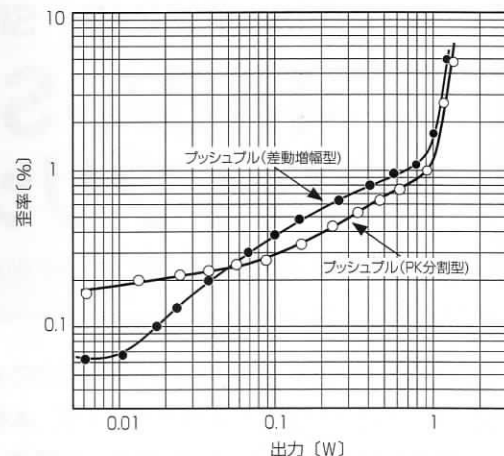
(a) 100Hz



(b) 1kHz



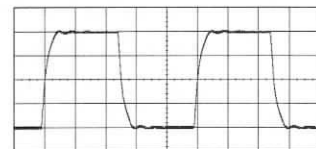
(c) 10kHz

[図 13] 8Ω 純抵抗負荷における方形波応答波形（差動増幅型， $1\text{V}/\text{div.}$ ）[図 12] PK 分割型と差動増幅型位相反転回路を使った 1kHz の歪率特性（ 400Hz ローカットフィルター使用）

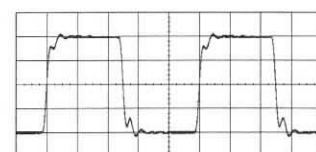
本稿を含めて、3 極管接続とした 5A6 のパラシングルアンプと 2 種類の位相反転回路を使ったプッシュプルアンプの製作記事を發表してきました。最大出力は $1.1 \sim 1.4\text{W}$ と小さいのですが、それでも十分実用になることがわかりました。

本アンプは、5 極管接続に変更すれば最大出力をかなり大きくすることができるので、これからも本アンプのさらなる可能性を探ってみたいと考えています。

試聴は CD プレーヤー：マランツ SA11-S2，自作ラインアンプ（本誌 2015 年 2 月号掲載），スピーカー：アルテックのウーファー 604-8H + アルテック 802D/811 B ホーン + コーラル H-100（ネットワークは自作）で行いました。



(a) 無負荷

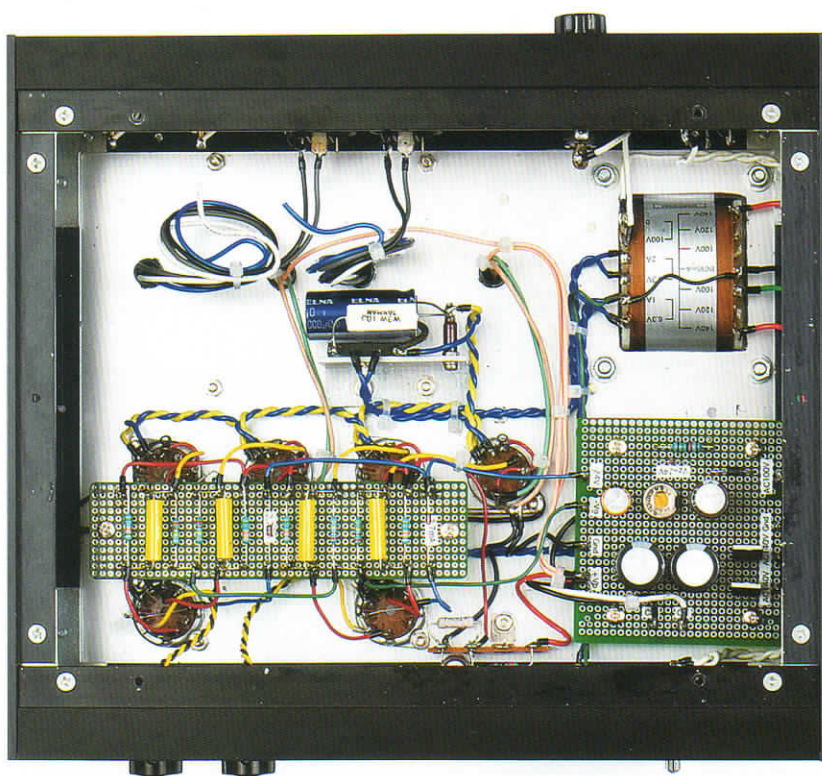
(b) $0.1\mu\text{F}$ のみ[図 14] 負荷オープンならびに容量負荷 $0.1\mu\text{F}$ における 10kHz 方形波応答波形（差動増幅型， $1\text{V}/\text{div.}$ ）



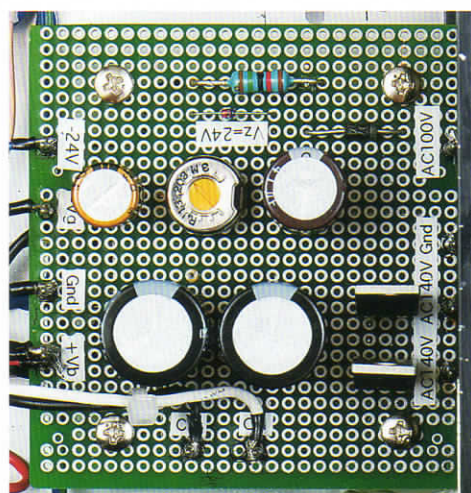
本年4月号に掲載した直熱MT5極管5A6 3極管接続パラシングルパワーアンプを改造してプッシュプルアンプを製作した。位相反転回路は、シンプルなPK分割型と差動増幅型の両方を試み、比較検討した。PK分割型位相反転段には6DJ8を、差動増幅型では増幅度が半分になるので増幅率の大きい6AQ8を使用。出力トランスはファインメットコアのFM10P-14kを使い、小出力ながらパワーを感じさせる小型アンプとなった。周波数特性は20Hz～45kHz(−1dB)、 DF は2.1、残留ノイズは0.30～0.55mV。

出力1.2W、2つの位相反転回路「PK分割型と差動増幅型」を比較検討した 5A6 3結プッシュプル無帰還パワーアンプ

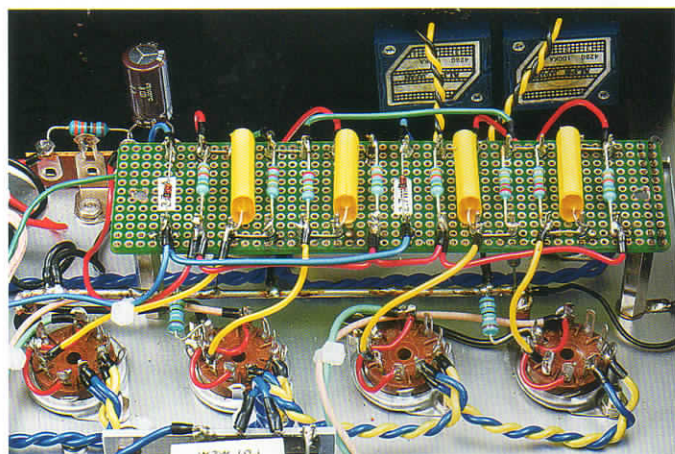
岩村保雄
IWAMURA Yasuo



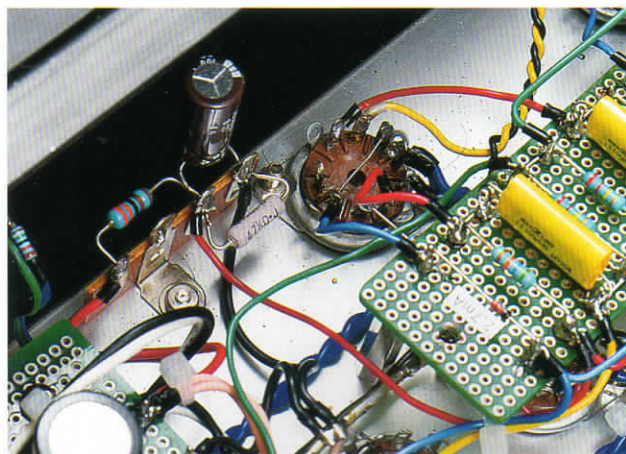
差動位相反転回路を採用した5A6 3極管接続プッシュプルアンプの内部配線。増幅部と電源部は基板に組み立てたので、内部がすっきりしている。電源トランスと電源部基板は右側に配置



B電源整流、平滑部の電源基板。負電圧(−24V)を取り出せるように改修した



増幅部基板上にCR類を取り付けて真空管ソケットの上に配置し、真空管ソケットピンや電源部などと配線(基板を外して撮影)



デカップリング用の抵抗とコンデンサーは増幅部基板上に載せきれなかったため、別途、立てラグ板に組んだ