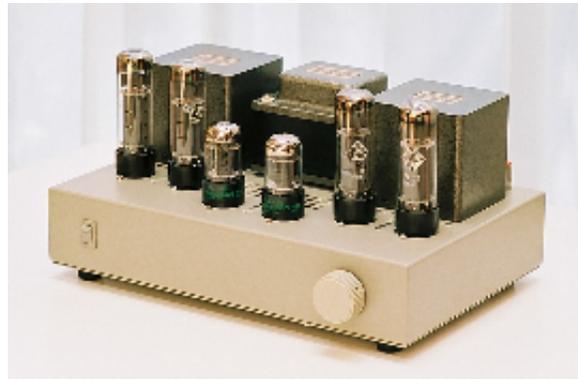


リアル版
Building My Very First Tube Amp講座

全段差動PPアンプ製作の2日間

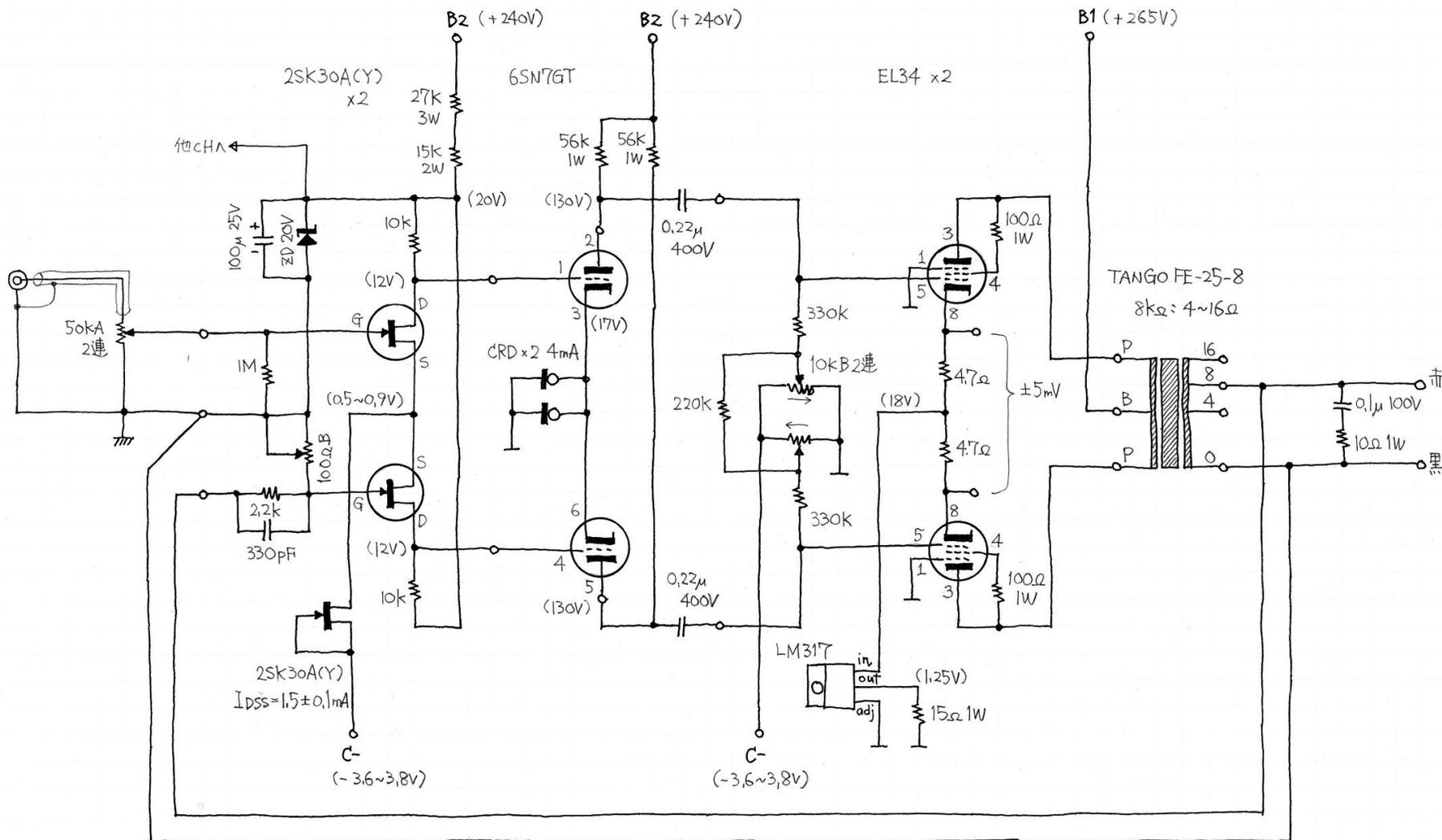


Version 1.6

製作するアンプの変更点

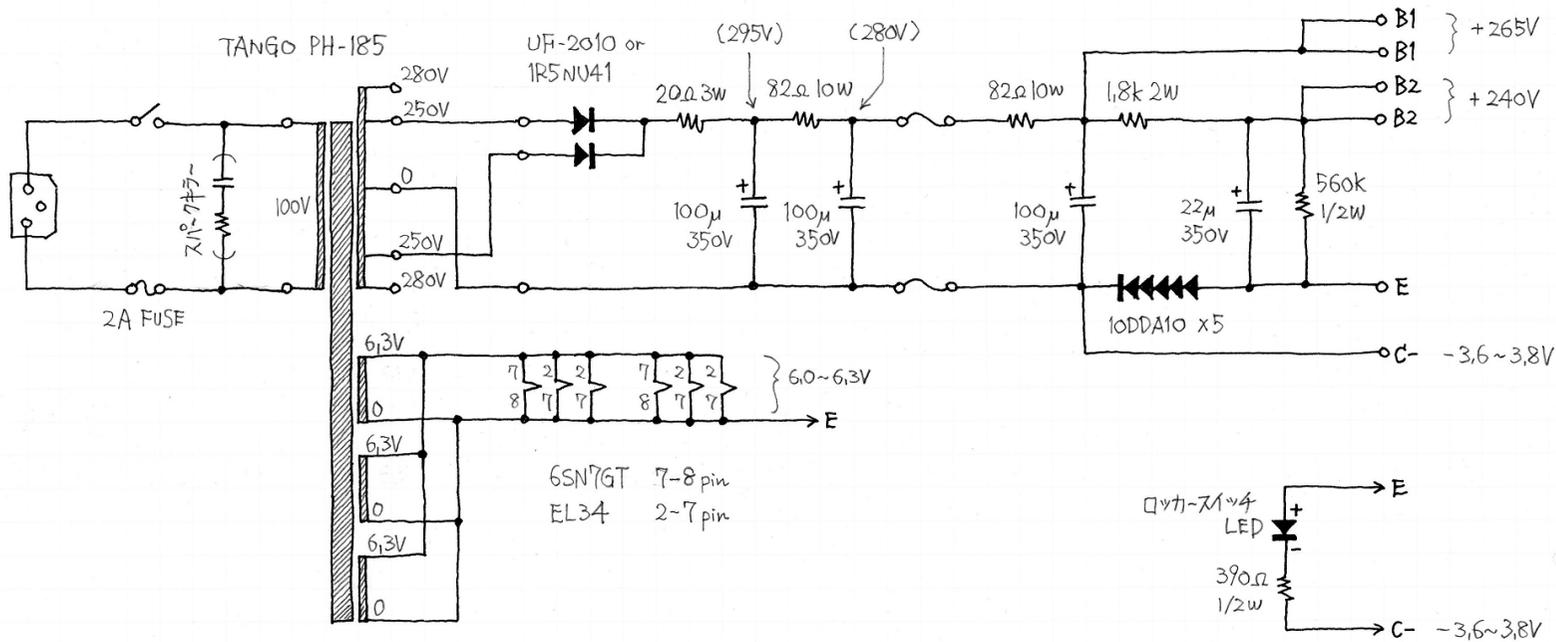
- 本講座で製作するのは、出力管にEL34を使用した「全段差動プッシュプルアンプ」と呼ばれる真空管アンプです。
- ベースとなるのはホームページ“Building My Very First Tube Amp講座”(<http://www2.famille.ne.jp/~teddy/myamp/myamp.htm>)および「情熱の真空管アンプ」(日本実業出版社)でご紹介されているものですが、いくつか変更・改良されています。
- 回路の変更
 - ベーシック・アンプと呼ばれる2段構成ではなく、初段にJFETを追加した3段構成です。2段構成のものに比べて物理的特性、音の表現力ともに改善されています。
 - 初段JFETの共通ソース側に挿入されたバランス調整用半固定抵抗が省略され、平ラグの配線パターンも変更しました。一種の割り切りだと思ってください。
 - 初段およびドライバ段の定電流回路に使用されていた定電流ダイオードをJFET 2SK30を使ったものに変更しました。表面的な特性には現れませんが、音質的には有利になりました。
 - 単連ボリュームを使った簡易型の出力段バイアス調整回路は、2連ボリュームの扱いやすい回路に変更しました。出力段のDCバランス調整がやりやすくなりました。
 - 出力段グリッド抵抗を、470kΩから330kΩに変更しました。出力段の安全性・安定性がほんのわずかですが向上しました。
- 真空管配置の変更
 - 出力管の配置を、中央から両脇に変更しました。
 - 出力管の配置変更を受けて、シャーシ内部全体のラグの使い方やCRの配置が変わりました。その結果、配線がよりシンプルになり、信号経路を最短化できました。
 - 音量調整ボリュームの取り付けに8mm径の菊座金(結構入手困難な部品です)を使いました。菊座金のおかげでボリュームシャフトのシャーシへの接触が良くなりました。
- 但し、主要な電気的特性の変更はありません。

全回路図 (アンプ部)



2006.12.30 Revised
 2006.12.8 Tetsu Kimura

全回路図 (電源部)



2006.12.30 Revised
 2006.12.9 Tetsu Kimura

部品リスト

	部品名	規格等	数量
シャーシ	標準シャーシ		1
	真空管ソケット	8ピンUS(オムロン製)	6
		3mmピス	12
		3mm菊座金(シャーシアース用)	1
		3mmスプリングワッシャ	12
		3mmナット	12
	25mmスペーサ	(バイアスユニット用)	4
	立ラグ	5P	4
	10mmスペーサ	(電源ユニット用)	4
		3mmピス	4
		3mmスプリングワッシャ	4
		3mmナット	4
	テストピンジャック	黒	4
	Y端子	アース母線支持用	2
	RCAピンジャック	赤・白	2
	スピーカー端子	赤・黒	4
	音量調整ボリューム	ALPS 50kΩ型2連デントVR	1
	8mm菊座金	外タイプ(ボリューム用)	1
	ボリューム・ツマミ	L-35S	1
	六角レンチ	1.5mmタイプ	1
	足	樹脂製	4
		3mmタッピング(足取り付け用)	4
		3mmタッピング(裏蓋固定用)	8
電源	AC100Vケーブル	2Pプラグ~3Pコネクタ	1
	ACインレット	3Pメス	1
		2.6mm黒サラ	2
		2.6mmスプリングワッシャ	2
		2.6mmナット	2
	ロッカースイッチ	DS-850(LED付)	1
	ヒューズホルダー		1
	30mmヒューズ	2A	1
	カーボン抵抗器	390Ω 1/2W	1
	スパークキラー	(緑色)	1
	シリコンダイオード UF2010	1000V/2A(大きい方)	2
	シリコンダイオード 10DDA10	100V/1A(小さい方)	5
	アルミ電解コンデンサ	100μF350V	3
	アルミ電解コンデンサ	22μF350V	1
	セメント抵抗器	82Ω 10W	2
	酸化金属皮膜抵抗器	20Ω 3W	1
	酸化金属皮膜抵抗器	1.8kΩ 2W	1
	カーボン抵抗器	560kΩ 1/2W	1
	平ラグ	8P	2

	部品名	規格等	数量	
初段差動	JFET	2SK30A(Y)選別	4	
	JFET(定電流用)	Idss=1.5mA±0.1mA選別	2	
	定電圧ダイオード	HZ-20(20V±0.5V)	1	
	半固定抵抗器	25回転100Ω	2	
	酸化金属皮膜抵抗器	27kΩ 3W	1	
	酸化金属皮膜抵抗器	15kΩ 2W	1	
	金属皮膜抵抗器	1MΩ 1/4W 1%	2	
	金属皮膜抵抗器	10kΩ 1/4W 1%	4	
	金属皮膜抵抗器	2.2kΩ 1/4W 1%	2	
	フィルムコンデンサ	スチコン、340pF	2	
	アルミ電解コンデンサ	100μF25V	1	
	平ラグ	15P	1	
	貼付ボス	T-600(初段差動ユニット用)	3	
		3mmピス(貼付ボス用)	3	
	3mmスプリングワッシャ(貼付ボス用)	3		
ドライバ段	ドライバ管	6SN7GT	2	
	定電流ダイオード	CRD 4.0mA±0.2mA	2set	
	酸化金属皮膜抵抗器	56kΩ 1W	4	
	フィルムコンデンサ	0.22μF400V	4	
バイアス	半固定抵抗器(バイアス調整用)	10kΩ B型2連VR	2	
	平ラグ	6P	2	
	酸化金属皮膜抵抗器	15Ω 1W	2	
	金属皮膜抵抗器	330kΩ 1/4W 1%	4	
	金属皮膜抵抗器	220kΩ 1/4W 1%	2	
	金属皮膜抵抗器	4.7Ω 1/4W 1%	4	
	出力段	出カトランス	TANGO FE-25-8	2
		出力管	EL34ペアチューブ	2pair
		3端子レギュレータ	LM317T	2
			3mmピス	2
		3mmワッシャ	2	
		放熱ラバーシート	2	
		絶縁ワッシャ	2	
		3mmナット	2	
	ディップマイコンデンサ	4.7pF or 5.1pF 400V	4	
	酸化金属皮膜抵抗器	100Ω 1W	4	
	フィルムコンデンサ	0.1μF100V	2	
	酸化金属皮膜抵抗器	10Ω 1W(※)	2	
		※100Ωと10Ωは間違えやすいので注意。		

Step-1:部品・備品の確認

- お渡しする資料、部品および備品は以下のとおりです。(部品の過不足があった時は都度指摘してください)

- 資料

- 講座のテキスト(A4バインダ)

- 部品

- 標準シャーシ(シャーシ本体、底板)
- 電源トランス(TANGO PH-185×1)
- 出力トランス(TANGO FE-25-8×2)
- 真空管(EL34×2ペア、6SN7GT×2)
- 部品・道具一式がはいったポーチ

- 備品(個人)

- 作業テーブル
- スイッチ付AC100Vコンセント×2
- 作業トレイ
- くず入れ
- 養生用マスキングテープ
- 緩衝材
- 油性ペン

- 備品(共通)

- 消耗品類(ビス、ナット、ワッシャ、線材等)
- 測定器

- 工具(ご希望があった方のみ)

Step-2:部品の養生

- すべての作業にさきだって、部品の養生をします。
- 製作中は、アンプを何度もひっくり返します。そのたびにシャーシやトランスの角をこすったりぶついたりしますので、痛まないように角という角を養生します。
 - 標準シャーシの角・・・角にマスキングテープを貼ります
 - 電源トランス・・・緩衝材をかぶせてマスキングテープで固定します
 - 出力トランス・・・緩衝材をかぶせてマスキングテープで固定します

Step-3:構造部品の取り付け

■ シャーシに以下の構造部品を取り付けます。

- ✓ 共通ルール……美観上シャーシ上面(表)のビスにはワッシャ類は入れません。シャーシ裏のナットにはスプリングワッシャを入れます。スペーサの取り付けには8mm長のビスを使います。

■ シャーシ

□ 電源ユニット用スペーサ取り付け

- ✓ 中央の電源トランスの両脇にある4つの穴に、10mmのスペーサを取り付けます。

□ 真空管ソケット取り付け

- ✓ 真空管ソケットの取り付けネジを流用して、5Pラグや25mmスペーサも取り付けます。次ページの図を参考にしてください。
- ✓ 真空管ソケットには向きがあります。「センターピンの中の溝」がパネル前面側に向くように取り付けます。
- ✓ 真空管ソケットは、シャーシの下側から取り付けます。
- ✓ 1ヶ所だけ、ぎざぎざのついた菊座金をソケットとシャーシの間に割り込ませる場所があります。シャーシを裏から見ると、1ヶ所だけ塗装していない場所があり、ここを使います。

□ スピーカー端子取り付け

- ✓ スピーカー端子には赤と黒があります。通常は黒が内側ですが、どう配置するかは好みで決めてかまいません。

□ テストピンジャック取り付け

- ✓ 電源トランス手前の穴にバイアス調整用のテスト・ピンジャックを取り付けます。
- ✓ テスト・ピンジャックの樹脂は柔らかいのでネジはあまり締め付けすぎない方がいいです。

□ 3端子レギュレータ(LM317)取り付け

- ✓ すでに取り付けネジやラバーシート、絶縁ワッシャ等がセットにしておりますので順序を参考にし
- ✓ て取り付けてください。
- ✓ ワッシャとラバーシートとの間にシャーシがはさまります。

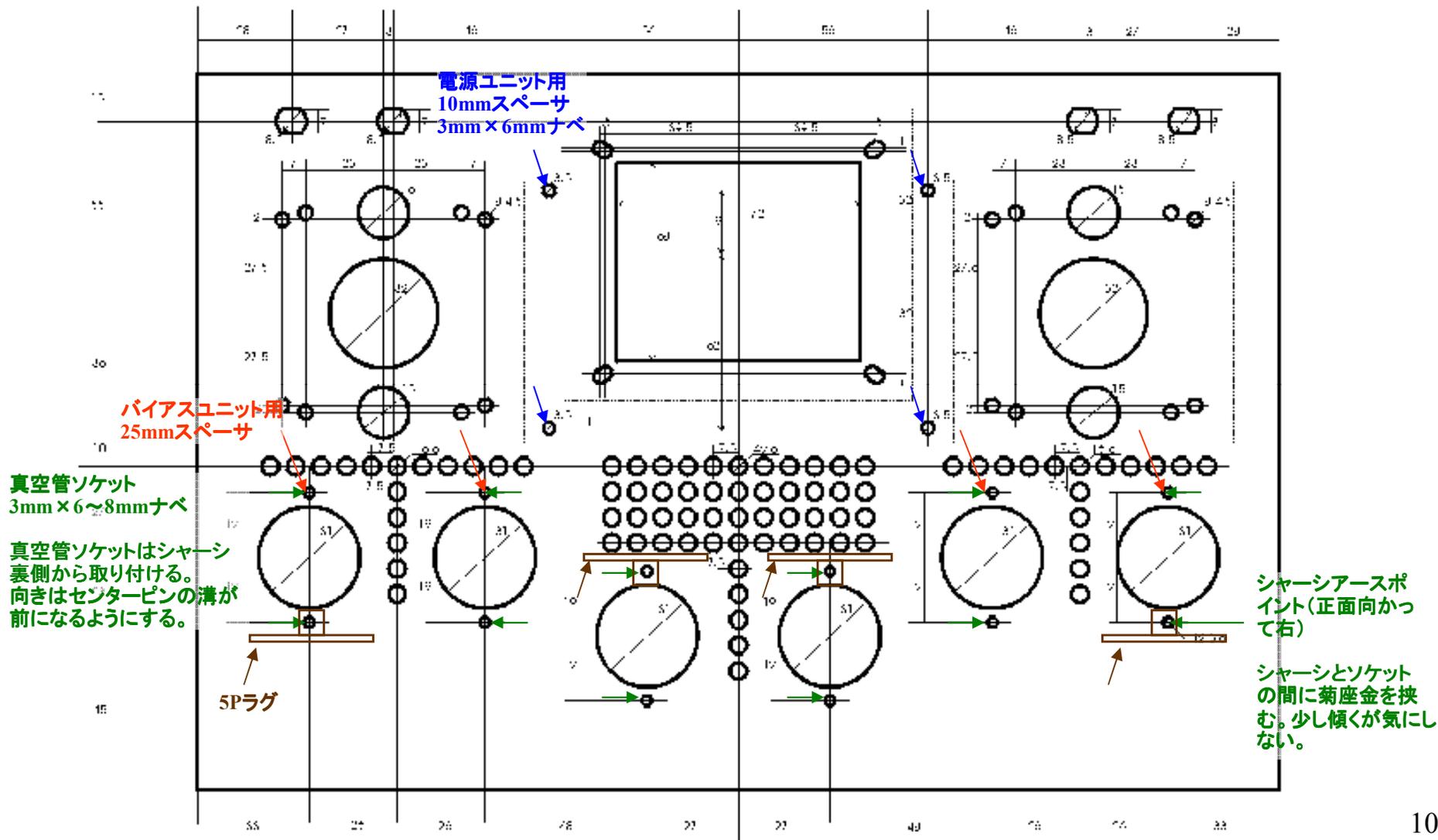
□ 電源トランス、出カトランスの取り付け

- ✓ 電源トランスは、「100V」巻き線がヒューズホルダーに近くなる向きに取り付けます。トランスのエムブレムの向きが正しくなります。
- ✓ 出カトランスは、銘板をはずすとわからなくなるので注意すること。「0~8Ω」巻き線がスピーカー端子に近くなる向きに取り付けます。

Step-3: 構造部品の取り付け (つづき 1)

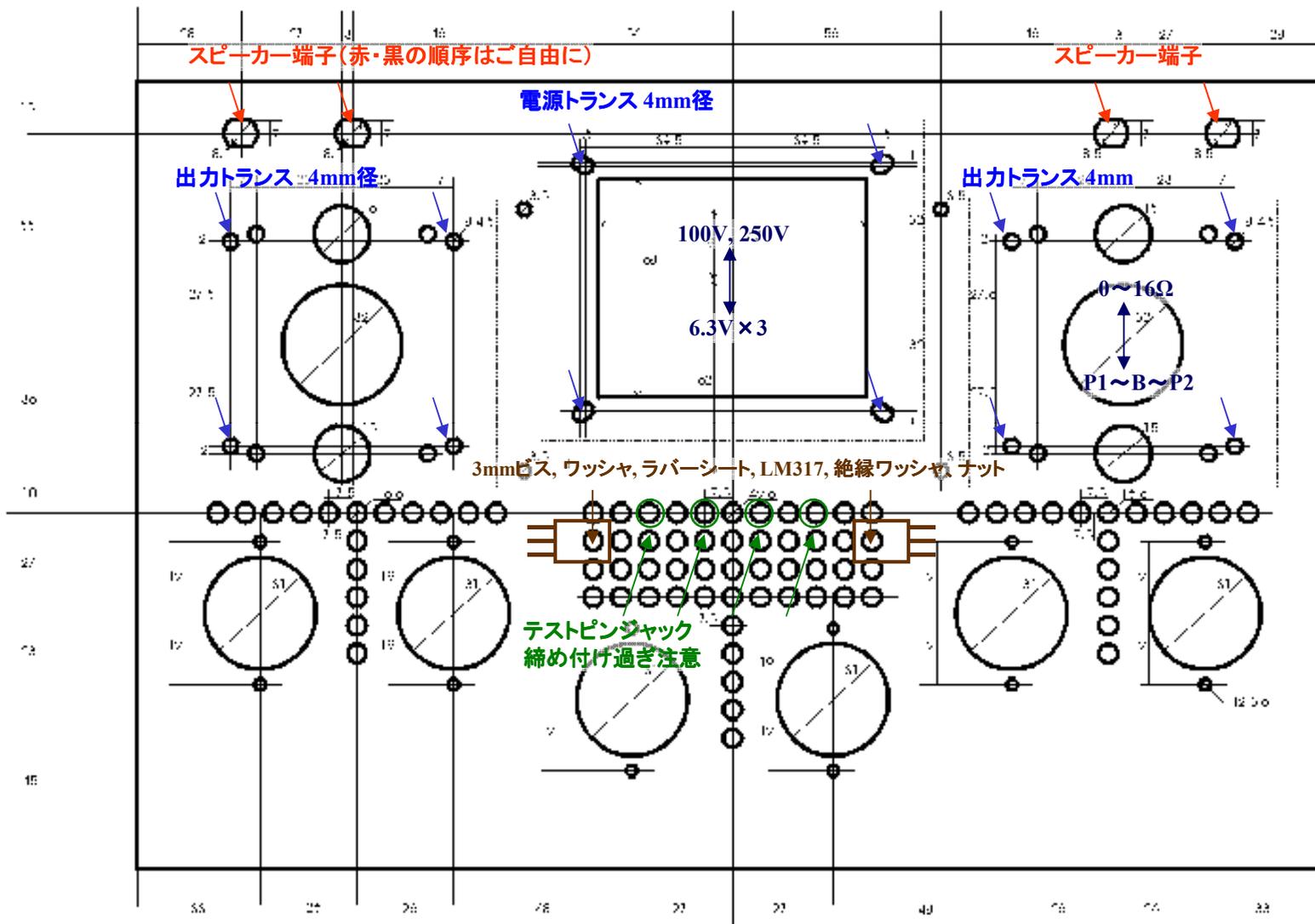
くろけアニア 真空シャーシ Rev. 2002/09/05

※共通・・・美観上シャーシ上面(表)のビスにはワッシャ類は入れない。シャーシ裏のナットにはスプリングワッシャを入れる。



Step-3: 構造部品の取り付け (つづき 2)

くるまアンプ 基板製作シート 印刷 Rev. 2002/09/05



Step-3:構造部品の取り付け（つづき3）

■ 後面パネル

- ACインレット取り付け
 - ✓ 上下を間違えないように。
- ヒューズホルダー取り付け
 - ✓ ヒューズホルダーは配線の時に一旦はずすので、今はゆるく取り付けるだけにしておきます。
- RCAピンジャック取り付け
 - ✓ RCAピンジャックには赤と白があります。赤が右チャンネル(right)です。
 - ✓ 白い2枚の絶縁板でシャーシを挟むようにして取り付けます。

■ 前面パネル

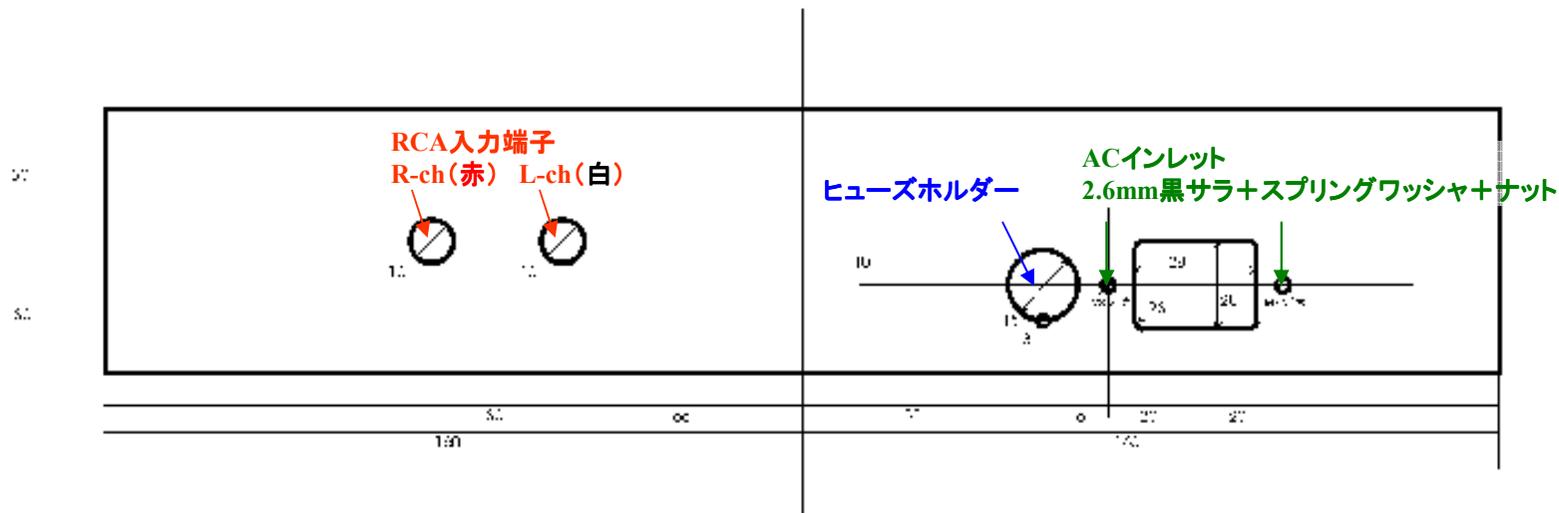
- 電源スイッチ取り付け
 - ✓ 上下を間違えないようにします。LEDの窓がついている方が「上」です。
- 音量調整ボリューム取り付け
 - ✓ 菊座金の鋭い歯が内側からシャーシを噛むように入れます。菊座金には向きがあるので注意してください。
 - ✓ 取り付けナットを締める時に工具が滑ってよくパネルを傷つけます。そうならないために、パネル面をテープで養生してからナットを締めるようにします。

■ 底蓋

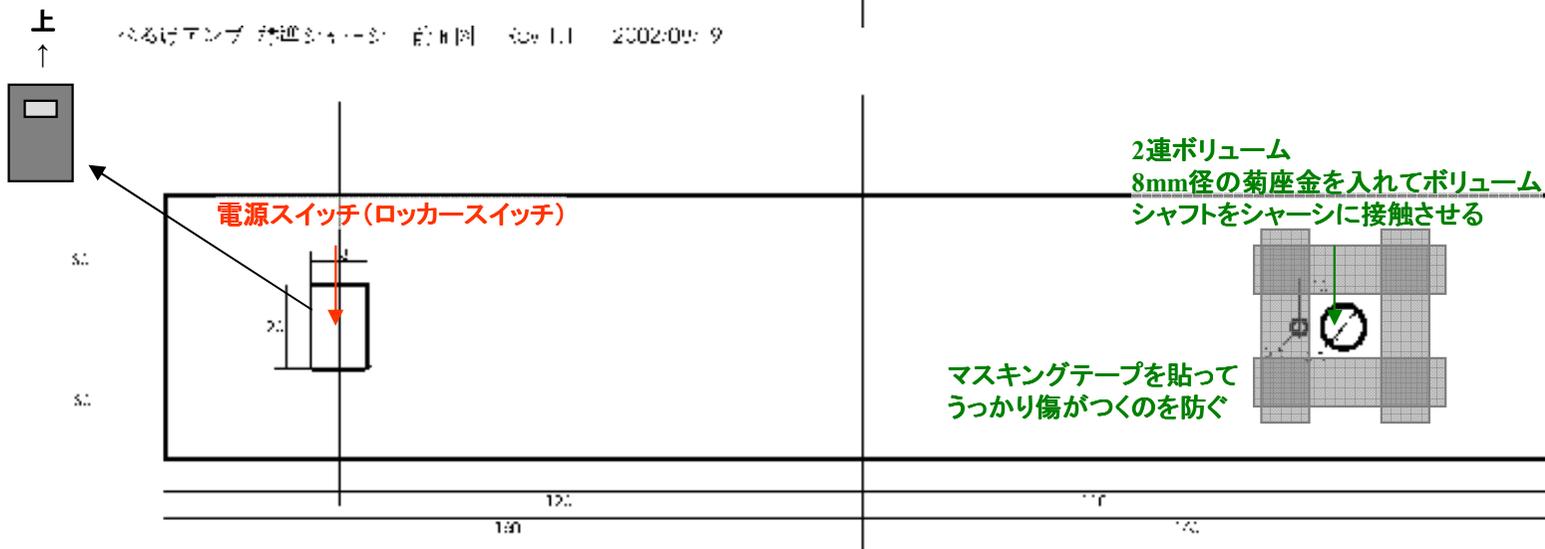
- 足の取り付け
 - ✓ 樹脂の足を4個ある長いほうのタッピングネジで取り付けます。

Step-3:構造部品の取り付け（つづき 4）

ハルビアンブ 特選シリーズ 後H回 Ver.1.1 2002-09-07



ハルビアンブ 特選シリーズ 前H回 Ver.1.1 2002-09-09



Step-4:電源ユニット作り

- 8P平ラグ上に2つの電源ユニットを組み上げます。

- 用意する部品

- 8P平ラグ × 2
- シリコン整流ダイオード UF-2010 × 2
- マイナス電源用シリコンダイオード 10DDA10 × 5
- アルミ電解コンデンサ 100 μ F/350V × 3
- アルミ電解コンデンサ 22 μ F/350V × 1
- セメント抵抗 82 Ω 10W × 2
- 酸化金属皮膜抵抗 20 Ω 3W (■ ■ ■ ■) × 1
- 酸化金属皮膜抵抗 1.8k Ω 2W (■ ■ ■ ■) × 1
- カーボン抵抗 560k Ω 1/2W (■ ■ ■ ■) × 1
- ジャンパー銅単線

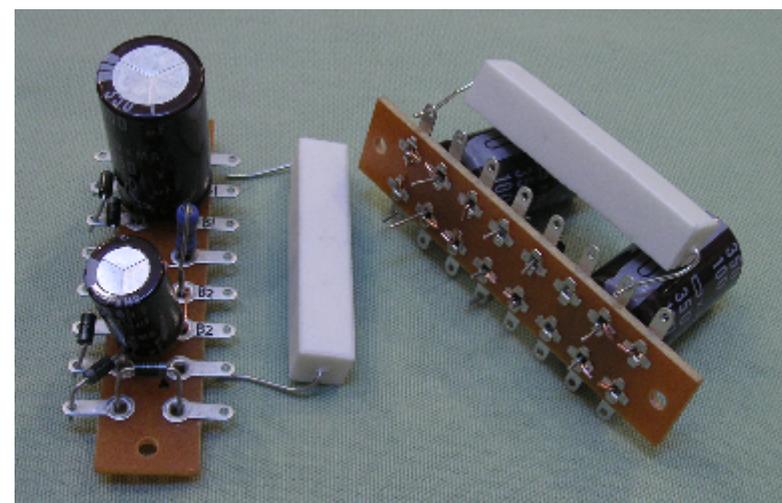
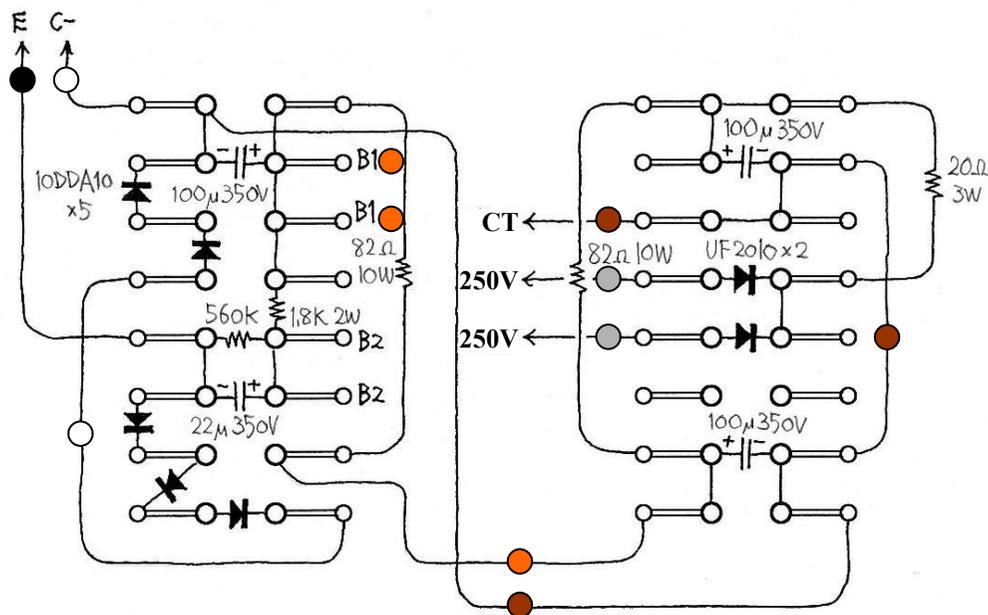
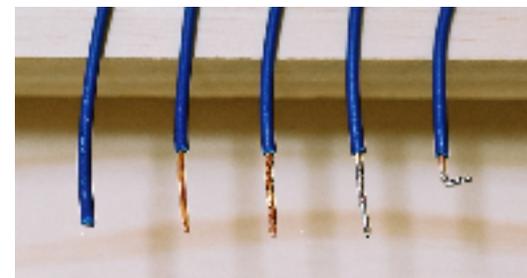
- 平ラグによるユニット作りの手順とポイント

- 先のことを考えて、油性マジックで平ラグ上にあらかじめ「B+」「E」等マーキングしておきます。
- 銅単線のジャンパー線を作って平ラグ上からませしておきます。
- 部品をラグ穴に通してみても位置関係を確認します(次ページ参照)。
 - ✓ 取り付け穴の上に部品がかぶらないように注意します。部品がかぶると、取り付け時にネジがはいりません。
- 部品を取り付け、ハンダづけしてゆきます。(導線による配線が関係する場所は後回しにします)
 - ✓ セメント抵抗や酸化金属皮膜抵抗は熱が出ることを計算に入れてリード線の長さや位置を考えて取り付けます。
 - ✓ ハンダづけは1回で仕上げるときれいに仕上がります。1つの穴にまだすべてのリード線が揃っていない場合はハンダづけを後回しにするのがコツです。
- 導線によるジャンパーの配線をします。
 - ✓ 導線は、先端をむいてから芯線を捻り、薄く半田を引いて下処理してから使います(次ページに画像)。
 - ✓ 1つの穴に複数の導線が集中する場合は、複数分の芯線をまとめて捻って1本にしてからハンダづけすると仕上がりがきれいです。
- 最後に、長めに切った外部との接続用の導線を出しておきます。(2つの電源ユニット間はまだつなぎません)



Step-4:電源ユニット作り（つづき 1）

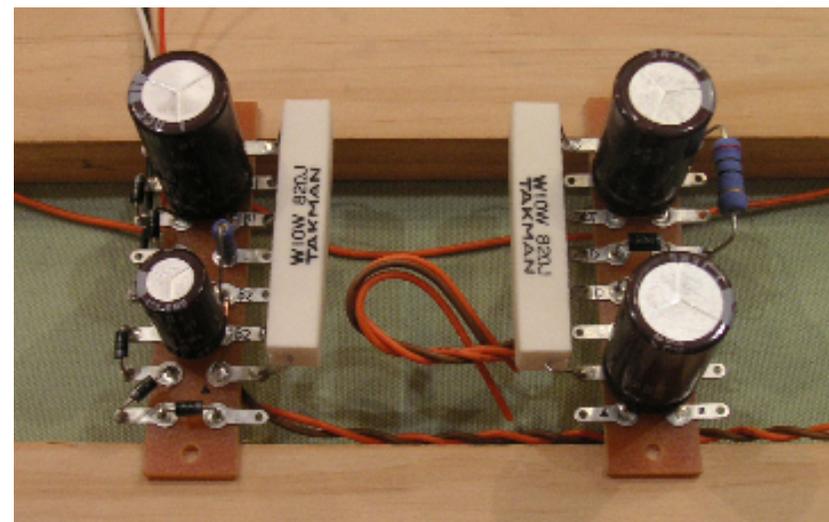
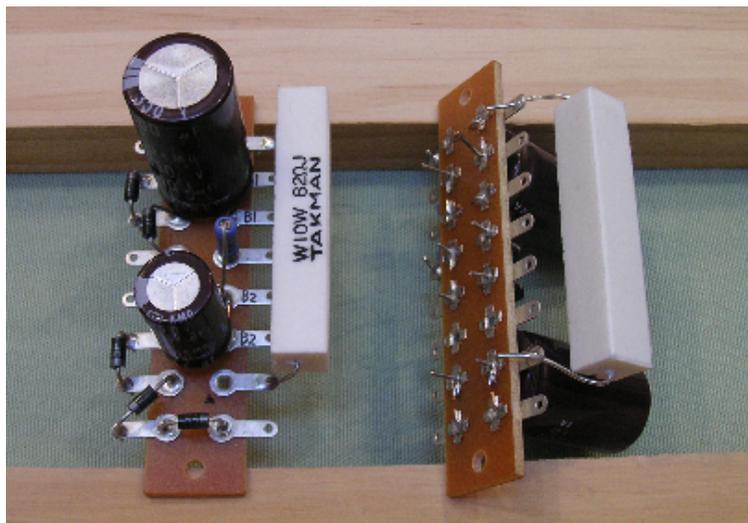
- 右の画像は、導線の下処理の様子です。むいて、捻って、薄くハンダかぶせてから必要な長さに切ります。こうすることで、ヒゲが出なくなり、ラグ穴に通したり仮止めしやすくなります。
- 下図左は、配線パターンです。
- 下図右は、リード線を荒切りした部品を平ラグ上に入れてみたところ。部品同士が当たりそうなところがあったら実装時に工夫するようにします。
- 10W型セメント抵抗器はかなり熱くなるので、リード線を少し長めにして他の部品と接触しないように注意してください。特に、B1とB2には後で線をつなぐので、隙間に余裕がないと苦労します。



リード線を荒切りして穴に通してみたところ。

Step-4:電源ユニット作り（つづき2）

- 下図左は、部品のハンダづけが終わったところ。この後、余分なリード線を切ってしまいます。
 - ✓ しかし、良く見ると左側のユニットの5つのダイオードをつなぐ白い線と右側のユニットのマイナス側の線を忘れていましたね。
- 下図右は、組み込み用に接続の導線をつけた状態。
- 左側ユニット：
 - 「C-」に細い白い線を2本（バイアスユニットまでと初段差動ユニットまで）、
 - 「E」に太めの黒い線を1本（アース母線まで）、
 - 「B1」からは左右の出カトランスの「B」端子までを太めの橙の線を長短各1本ずつ、
 - 左ユニットと右ユニットをつなぐ橙と茶の線は左側ユニットから出しており、右側ユニットとはまだつないでいません。
- 右側ユニット：
 - 電源トランスの「CT(0)」、「250V」×2の接続に太めの茶と橙の線を出します。



Step-5: バイアスユニット作り

- 6P平ラグ上に左右チャンネルのバイアスユニットを組み上げます。
- ここで製作するバイアスユニットはすでに発表されたホームページや本にもものとは異なりますのでご注意ください。

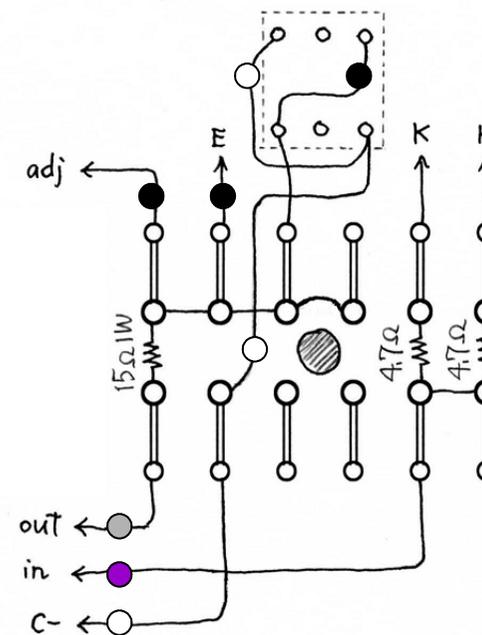
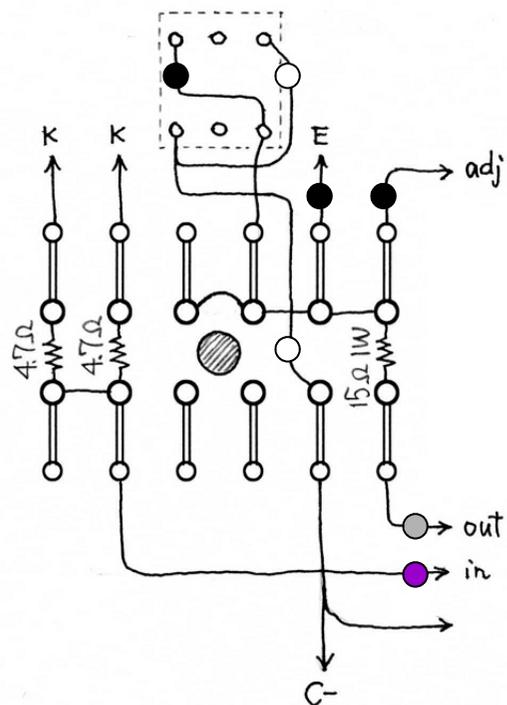
- 用意する部品
 - 6P平ラグ(穴あけ加工済み) × 2
 - 10kΩB型2連ボリューム × 2
 - 酸化金属皮膜抵抗 15Ω 1W (■ ■ ■ ■ ■) × 2
 - 金属皮膜抵抗 4.7Ω 1W (■ ■ ■ ■ ■) × 4
 - ジャンパー銅単線

- 作業の手順とポイント
 - 油性マジックで平ラグ上にあらかじめ「K」「E」「adj」等マーキングしておきます。
 - 平ラグ上に先に銅単線のジャンパー線をからませます。
 - ✓ ボリュームを取り付ける穴の周囲のジャンパー線はボリューム穴に合わせて湾曲させます。
 - 部品を取り付け、ハンダづけしてゆきます。(線による配線が関係する場所は後回しにします)
 - 10kΩB型2連ボリュームを取り付けます。
 - ✓ ボリュームの軸および軸に接したケース部分は最終的にアースにつながるのが基本です。そのために、平ラグのボリュームの金属部分に接する端子を使ってアース母線につながります。
 - ✓ 6P平ラグにはあらかじめボリュームの軸を通す穴があけてあります。
 - 導線によるジャンパーの配線をします。
 - ✓ 1つの穴に2本の線が合流する時は、あらかじめ1本に捻ってハンダで表面処理をしてから取り付けるときれいに仕上がります。
 - ✓ ボリュームを回転させた時に、2つの出力管のグリッドにかかるバイアス電圧がシーソーのように変化するように配線します。
 - ✓ 2連ボリュームの2つのユニットへの配線はどちらが上になってもかまいません。
 - 最後に、長めに切った接続用の導線を出しておきます。(2つのバイアスユニット間はまだつながりません)

Step-5: バイアスユニット作り (つづき 1)

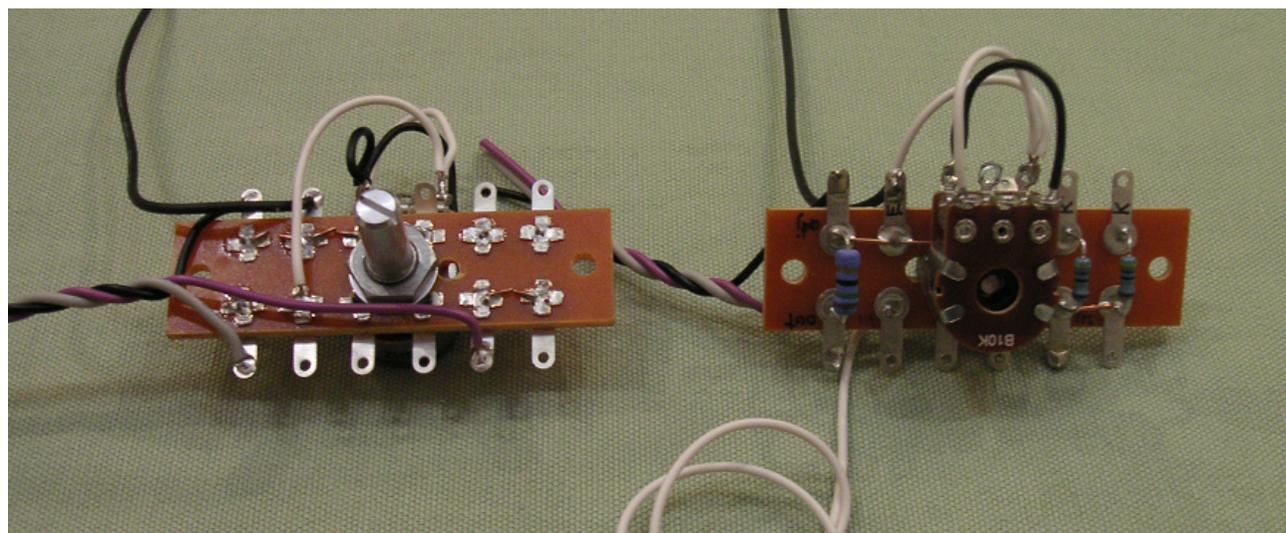
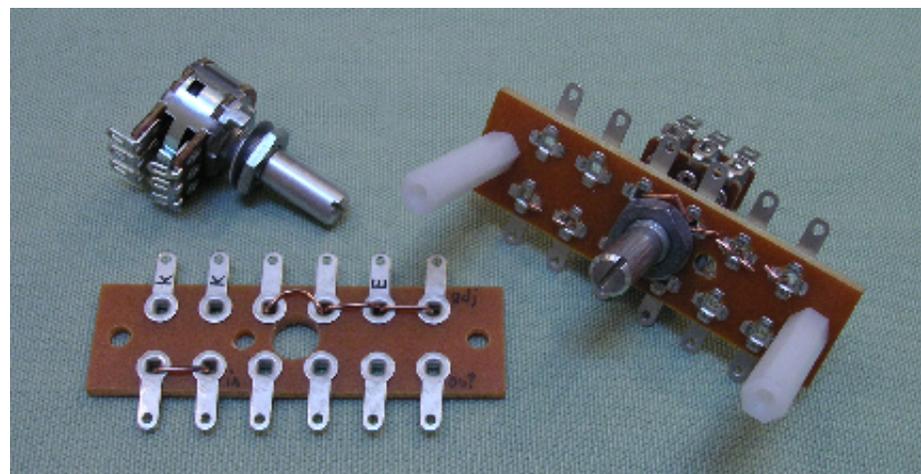
■ ラグの配線パターンは以下のとおりです。

- ✓ 下の図は、シャーシを電源をトランスを下にして裏から見た配置で表記してあります。
- ✓ 図中のボリュームの端子は、ラグに近い側を下にして表記してあります。
- ✓ ボリュームまわりにはあとで抵抗器をつけますので、黒と白の線は余裕を持たせて長めに迂回するようにしておきます。



Step-5: バイアスユニット作り (つづき 2)

- 右上の画像は、平ラグにジャンパー線を絡ませた状態。ジャンパー線はボリュームの首の部分に当たらないように表裏ともに湾曲させてあります。(今、スペーサを取り付ける必要はありません)
- 右下の画像は、組み込み前の左右のバイアスユニットが完成した状態です。
- 上方に出ているのがアースにつなぐための線、
- 横に出ているのがLM317につなぐための3本の線、
- 向かって右側のユニットにはマイナス電源用(C-)の白い線が出ています。この線は組み込み時に向かって左側のユニットにつなぐことになります。



Step-6:初段差動ユニット作り

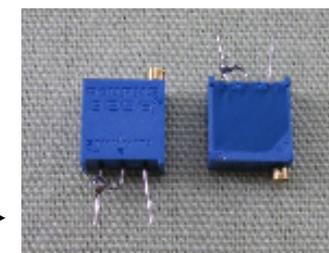
- 15P平ラグ上に初段差動ユニットを組み上げます。

- 用意する部品

- 15P平ラグ × 1
- JFET 2SK30A(Y)選別 × 4個
- 定電流ダイオード 2SK30A(Y) $I_{DSS}=1.5\text{mA} \pm 0.1\text{mA}$ 選別・加工済み × 2
- ツェナダイオード HZ-20(20V) × 1
- 100ΩB型25回転半固定抵抗 × 2
- アルミ電解コンデンサ 100μF/25V × 1
- フィルムコンデンサ 330pF × 2
- 酸化金属皮膜抵抗 27kΩ/3W (■■■■) × 1
- 酸化金属皮膜抵抗 15kΩ/3W (■■■■) × 1
- 金属皮膜抵抗 2.2kΩ 1/4W (■■■■) × 2
- 金属皮膜抵抗 10kΩ 1/4W (■■■■) × 4
- 金属皮膜抵抗 1MΩ 1/4W (■■■■) × 4
- ジャンパー銅単線

- 作業のポイント

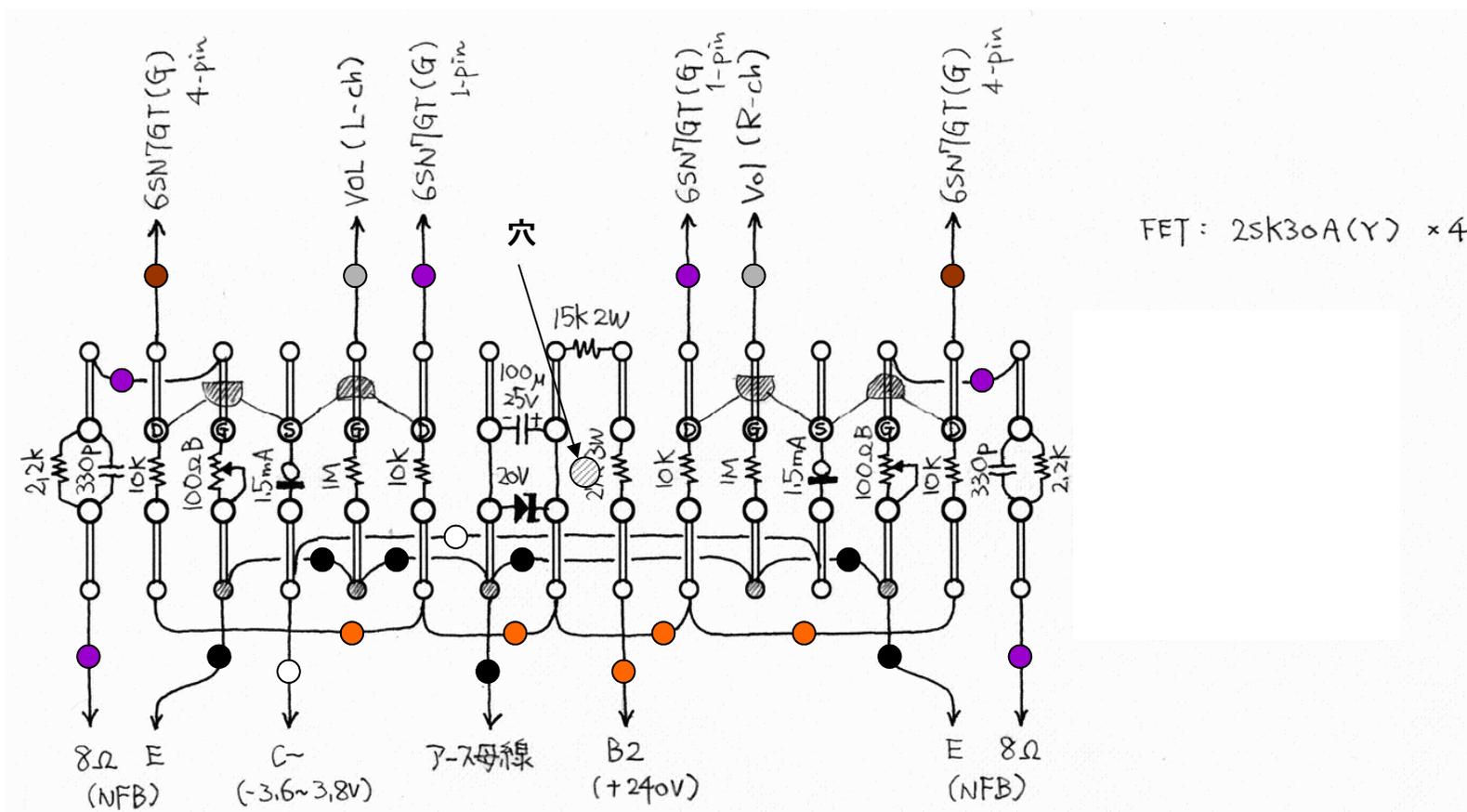
- 油性マジックで平ラグ上にあらかじめ「G」「NFB」「E」等マーキングしておきます。
- 100ΩB型25回転半固定抵抗の中央の足はあらかじめどちらか一方につなぐ前加工しておきます。 →
- 平ラグ上に先に銅単線のジャンパー線をからませます。
- 部品を取り付け、ハンダづけしてゆきます。(線による配線が関係する場所は後回しにします)
 - ✓ 2SK30Aの向きを間違えないように注意してナナメに取り付けます。
 - ✓ 20Vツェナダイオードは帯のマークがある方がプラス側です。
 - ✓ 定電流回路として使う2SK30Aは加工してある側がマイナスです。
 - ✓ アルミ電解コンデンサの向きも間違えないように注意します。白い線がある方がマイナスです。
- 15P平ラグには取り付け穴が3つあり、中央の穴が配線とぶつからないように配慮します。取り付け穴の位置がずれてラグに接近している時は、取り付けビスが端子に接触してしまうことがあります。その場合は、プラスチック・ワッシャなどを使って絶縁を確保する工夫をします。
- 導線によるジャンパーの配線をし、最後に、長めに切った接続用の導線を出しておきます。



Step-6:初段差動ユニット作り (つづき 1)

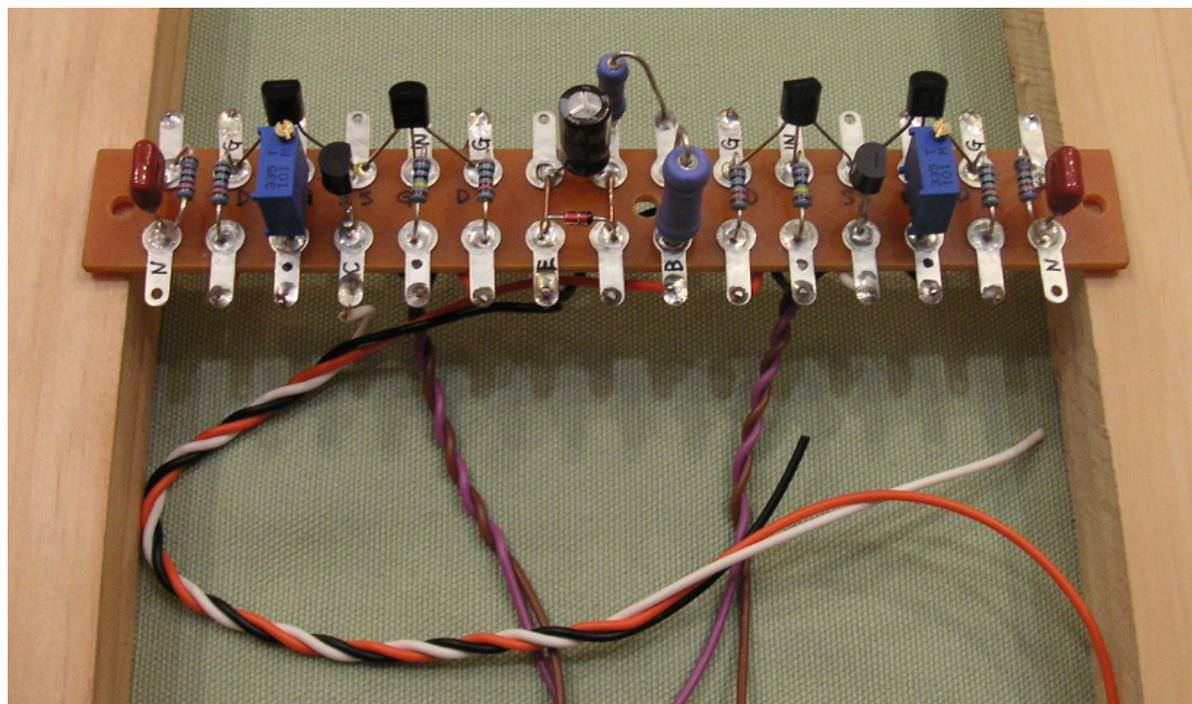
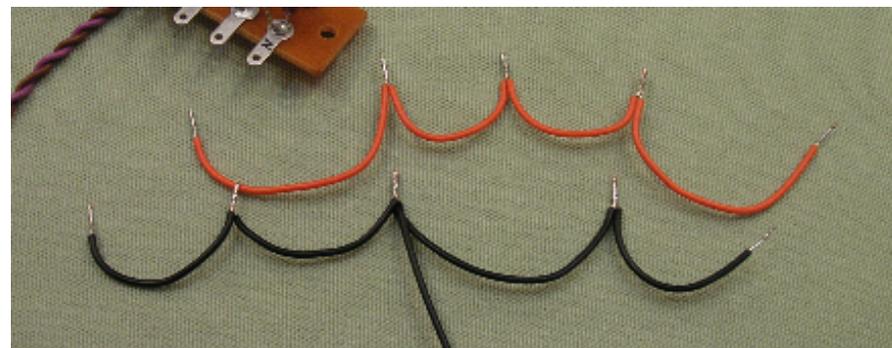
■ ラグの配線パターンは以下のとおりです。

- ✓ 中央の穴の位置に注意します。左右逆にすると穴が100 μ F25Vのコンデンサにぶつかってネジがはいらなくなります。



Step-6:初段差動ユニット作り（つづき2）

- 平ラゲの端子間の配線は、1本1本を配線するのではなく、右上の画像のような下準備をしてから配線すると効率的かつきれいに仕上がります。
- 右下の画像は完成した初段差動ユニットです。（一部の導線がまだついていませんが）
- 紫と茶の線はドライバ管6SN7GTのグリッドへの線で、捻ってあります。
- 黒い線は「アース母線」につなぐ線、橙の線は電源ユニットの「B2端子」につなぐ線、白い線はバイアスユニットの「マイナス電源(C-)端子」につなぐ線です。



Step-7:各ユニットの検査と試験

※講座では本Stepのために専用のテスト電源を用意しました。講座に参加しないで本テキストのみで製作される方は、同等のテストはできませんので、しっかり配線のチェックをして先に進んでください。

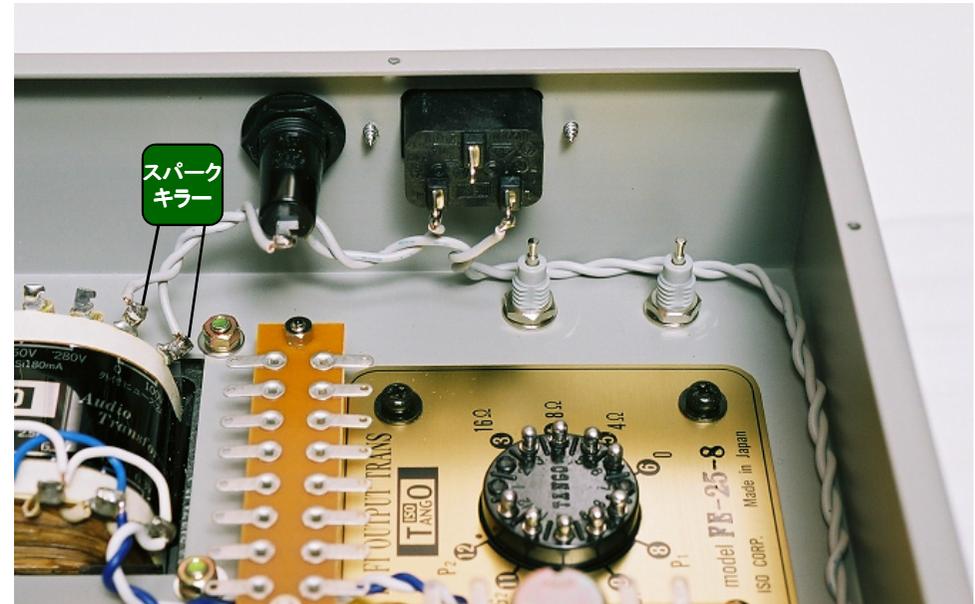
- Step-4で製作した「電源ユニット」の配線のチェックを行います。
- このユニットは、AC250V×2を入力として動作させますが、ここでは低圧のAC18V×2を使って動作試験をします。
 - DCVレンジにしたテスターを「電源トランスのセンタータップ～20Ω抵抗のどちらか一方」につなぎます。
 - 1秒間だけ電源入れて、テスターの電圧を読み取ります。…推定28V、実測(DC V)
 - 電源スイッチを切った状態で、表示電圧が非常にゆっくりと低下していく様子を観察します。
 - あらためて、電源スイッチをONにします。
 - 整流直後の100μFの両端電圧＝推定28V＝実測(DC V)
 - 2個の82Ωの両端電圧＝推定3～4mV＝実測(DC V、DC V)
 - 1.8kΩの両端電圧＝推定80mV＝実測(DC V)
 - 560kΩの両端電圧＝推定26V＝実測(DC V)
 - 10DDA10の両端電圧＝推定0.4～0.5V×5＝実測(DC V、 V、 V、 V、 V)
- Step-5で製作した「ドライバ&バイアスユニット」の配線のチェックを行います。
- このユニットは、バイアス調整ボリュームを回した時に、出力管グリッドにかかるバイアスが正しく「シーソー」のように変化するかどうかを、電池を使った試験電源を使って確認しておきましょう。
 - L-ch用: シャーシに実装した向きにして、まわした側のバイアスが浅くなるようになっている。
 - R-ch用: シャーシに実装した向きにして、まわした側のバイアスが浅くなるようになっている。
- Step-6で製作した「初段差動ユニット」の配線のチェックを行います。
- このユニットは、+240Vおよび-3.7Vを電源として動作させます。試験用電源を用意しましたのでそれを使って確認しましょう。
 - アース～+20V間電圧＝推定19.5V＝実測(DC V)
 - アース～共通ソース間電圧＝推定0.6～0.8V＝実測(L=DC V、R=DC V)
 - 4箇所のドレイン電圧＝推定11～12V＝実測(DC V、 V、 V、 V)

Step-8:電源・・・AC100Vラインの配線

- AC100Vインレットから電源トランスの1次側までの配線を行います。
 - 電源スイッチを起点として配線を進めます。
 - 下処理として、2本の灰色(35cmと45cm)の線を電源スイッチにつなぎます。LEDの「+」端子に黒色(細、20cm)、「-」に白色(細、10cm)をつなぎます。線はそれぞれ捻っておきます。
 - 電源スイッチをシャーシに取り付けます(注意:このスイッチは一旦はめ込んだらはずすのは困難です)。
 - 灰色の短い方の線を適当な長さに切ってAC100Vインレットにつなぎます。(長い方の線は電源トランスまで伸ばします)
 - AC100Vインレットからヒューズホルダーまで配線します(ヒューズホルダーの端子は一方が裏側になってしまうので配線してから固定します)。
 - 電源トランスの100V端子への配線します。100V端子はどちらにつないでもかまいません。
 - 最後に、電源トランスの100V端子にスパークキラーを配線します。



スパークキラーの位置はここではなく、電源トランス側にします。

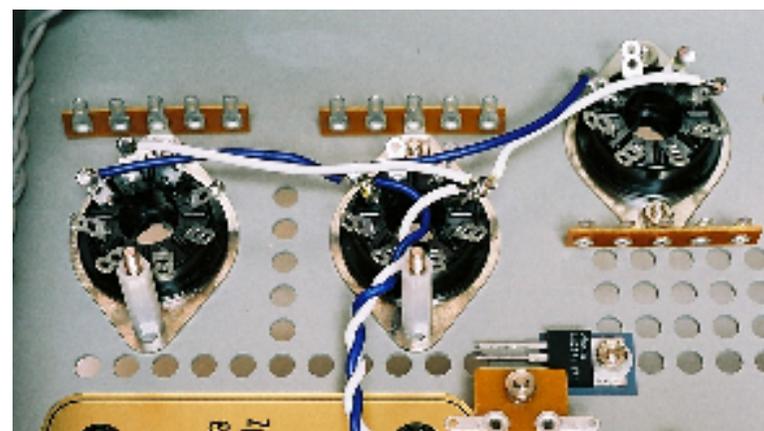
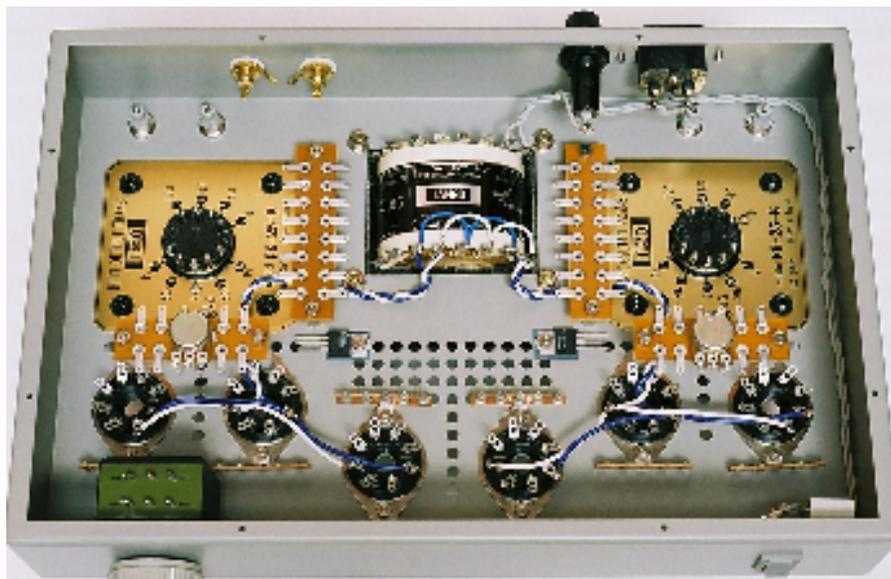


Step-9:AC100Vライン通電テスト

- ここまでの範囲で、AC100Vの通電テストを行います。テストの手順は以下のとおりです。
 - ヒューホルダーに2Aヒューズを入れます。
 - アンプのAC100VインレットにAC100Vケーブルを接続します。
 - ΩレンジにしたテスターをAC100Vプラグの先端に当てながら、電源スイッチをON/OFFしてスイッチの効きを確認します。
 - 同時に、電源ON時の抵抗値を測定します。…推定2~3Ω、実測(Ω)
 - AC100VケーブルをAC100Vコンセントに差込み、電源をONして各部の電圧を測定します。
 - AC100Vインレットの両端電圧=推定約100V=実測(AC V)
 - 電源トランス1次巻き線電圧=推定約100V=実測(AC V)
 - 電源トランス2次250V巻き線電圧=推定約260V=実測(AC V、AC V)
 - 電源トランス2次6.3V巻き線電圧=推定約6.5~7V=実測(AC V、AC V、AC V)

Step-10: ヒーターの配線

- 電源トランスのヒーター巻き線から各真空管ソケットにヒーターの配線をします。
- 作業のポイント
 - ✓ ヒーターの線は太いものを使いますので、電源トランスの端子にからませすぎるとごろごろと邪魔になります。下処理してから「J」の字程度にからませてラジオペンチで噛ませるといいでしょう。
 - ✓ EL34を使用する場合は、3つの6.3V巻き線をすべて並列にして使用します。「0」同士と「6.3V」同士をつなぐようにします。
 - ✓ 画像にはありませんが、ヒーター配線のどちらか一方をアース母線につなぐための線を出しておきます。ここには電流は流れないので線は細いものを使います(重要)。
 - ✓ ヒーターの往復の線は互いに接近させるか、できれば捻ります。



ヒーターラインは往復を接近させるか、可能ならば捻る。
この画像のラグ等の部品配置、ソケットピンへの接続は正確ではありません

Step-11: ヒーター通電テスト

- ヒーター配線まで完了したら、ヒーター通電テストを行います。
 - 真空管を挿さない状態で通電を行い、各ソケットの端子正常な電圧(約7V)が出ていることを確認します。
 - 真空管を挿して通電を行い、各真空管のヒーターが点灯していることを確認します。
 - 通電中のヒーター電圧を測定します。推定AC6.0~6.4V、実測(AC V)

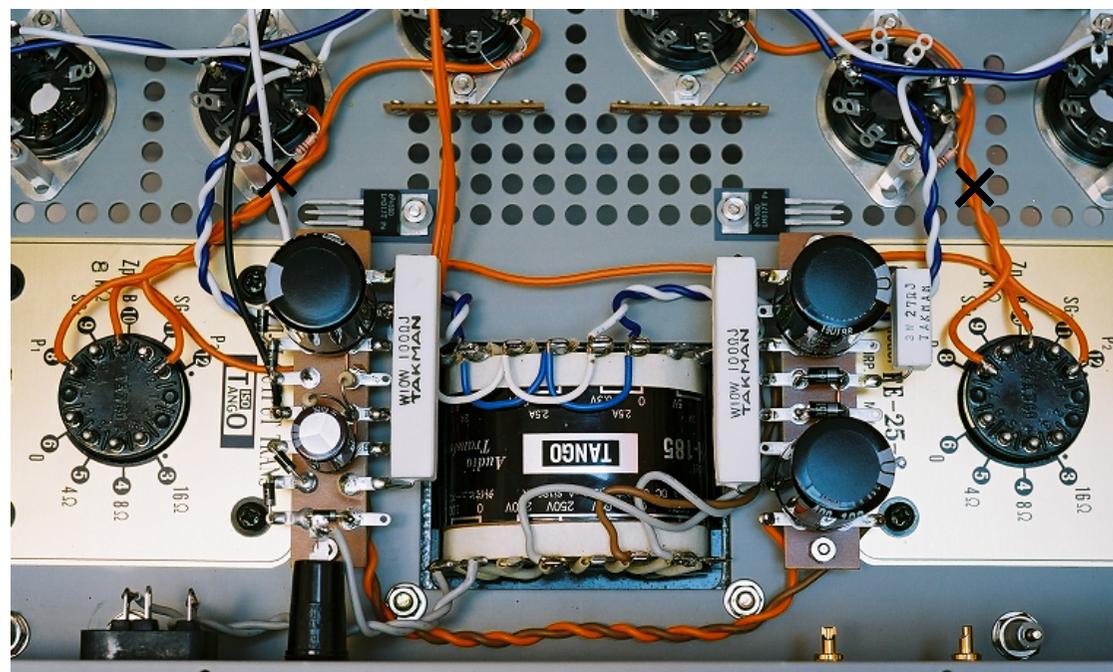
Step-12:電源ユニットの取り付けと電源部の配線

■ 用意する部品

- 電源ユニット(2つ)

■ 電源ユニットをシャーシに取り付け、以下の手順で各部とつなぎます。

- 2つの電源ユニットを10mmスペーサ上に取り付けます。
- 電源トランスの250V巻き線およびセンタータップと電源ユニットをつなぎます。
- 2つの電源ユニット間をつなぎます。
- 電源ユニット(B1)から出力トランスのB端子までの配線をします。(出力トランスのP端子から真空管ソケットまでの配線はまだやりません)
- 「C-」および「B2」の線は遊ばせておきますので、安全のために先端をビニールテープで絶縁しておくといでしょう。



(注意)

右画像は、初期の製作の画像を使っているのですが、細かいところで違っていますが、電源まわりの全体の様子は掴んでいただければと思います。

Step-13:電源部通電テスト

- ここまでの範囲で、電源部の通電テストを行います。テストの手順は以下のとおりです。
 - DCVレンジにしたテスターを「電源トランスのセンタータップ～20Ω抵抗のどちらか一方」につなぎます。
 - 1秒間だけ電源入れて、テスターの電圧を読み取ります。…推定360V、実測(DC V)
 - 電源スイッチを切った状態で、表示電圧が徐々に低下していく様子を観察します。
 - あらためて、電源スイッチをONにします。
 - 整流直後の100μFの両端電圧＝推定360Vくらい＝実測(DC V)
 - 2個の82Ωの両端電圧＝推定50mV＝実測(DC V、DC V)
 - 1.8kΩの両端電圧＝推定1.3V＝実測(DC V)
 - 560kΩの両端電圧＝推定360V＝実測(DC V)
 - 10DDA10の両端電圧＝推定0.5～0.6V×5＝実測(DC V、 V、 V、 V、 V)

Step-14:アース母線の製作

■ 用意する部品

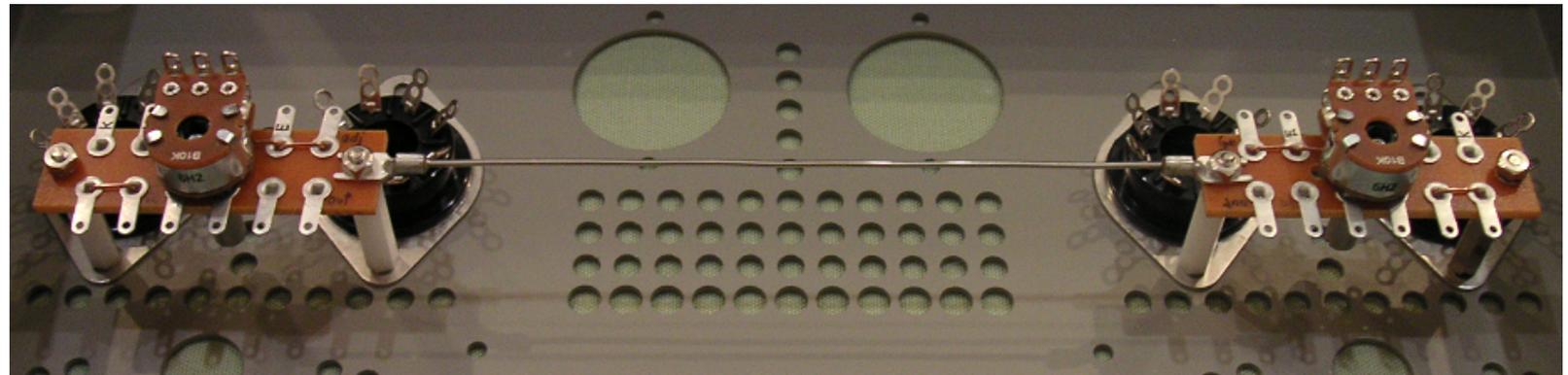
- Y端子×2
- 1.2mmスズメッキ線

■ 作業の手順

- 仮止めしてある25mmスペーサにバイアスユニットを取り付け、端子穴にY端子を取り付けます。
- 2つのY端子の間を1.2mmスズメッキ線等太目の線でつなぎ、ハンダづけします。
 - ✓ 25mmスペーサにじかにY端子をつけてハンダづけするとスペーサが熱で溶けてしまうので注意してください。
 - ✓ このままだとY端子の先端がラグの端子に当たってしまうので、後で忘れずに切るなり曲げるなり加工しておきます。
- 出力管のソケットまわりの配線がまだなので、6Pプラグもアース母線もまだ取り付けません。

注意:

Y端子を使わずに、単純にスズメッキ線を「J字」に曲げただけの方が具合が良いようです。講座ではY端子は使わないことにしました。



Step-15: バイアスユニットの取り付けと出力段の配線

- 出力段が単独で動作するために必要な部分の配線を行います。
- 用意する部品
 - 酸化金属皮膜抵抗 100Ω/1W (■■■■) × 4
 - 金属皮膜抵抗 330kΩ 1/4W (■■■■) × 4
 - 金属皮膜抵抗 220kΩ 1/4W (■■■■) × 4
 - カーボン抵抗 390Ω 1/2W (■■■■) × 1
 - バイアスユニット × 2
 - LM317(すでにシャーシに取り付けられている)
 - アース母線
- プレート回路
 - 出力管のスクリーングリッド(4pin)とプレート(3pin)を100Ω1Wの酸化金属皮膜抵抗でつなぎます。
 - 出力トランスの2つのP端子と各出力管ソケットの3pinをつなぎます。
 - ✓ 「外側の球→P1端子」、「内側の球→P2端子」です。
- グリッド回路
 - Step-17(38ページ)の○で囲った配線は今のうちにやっておくと後が楽です。
- バイアスユニットの取り付けとカソード回路
 - バイアスユニットを取り付け、仮止めしていたアース母線を正式に固定します。
 - アース母線とシャーシアースのための菊座金を挟んだ5P立ラグのセンター端子とをつなぎます。これで、アース母線はシャーシとつながりました。
 - 電源ユニットからのアース線(黒)をアース母線につなぎます。マイナス電源「C-」の線を配線し、左右のバイアスユニット間もつなぎます。これがアンプ内のマイナス電源の拠点になります。
 - 各カソード(8pin)とバイアスユニットとをつなぎます。各カソード(8pin)からもう1本線を出して4つのテスト・ピンジャックにもつなぎます。
 - バイアスユニットとLM317の各端子とをつなぎます。
 - ✓ LM317側の端子への配線では、ハンダ処理をした心線を「Jの字」にからませてラジオペンチで軽く潰して固定したところに、ハンダを軽く盛って仕上げます。
 - ✓ 全体配置は左右対称ですが、LM317の3本の足の順序は左右対称ではないのでくれぐれも注意してください。勢いで配線すると間違えます。
 - バイアスユニットとアース母線とをつなぎます。

Step-15: バイアスユニットの取り付けと出力段の配線（つづき）

■ 1pinの処理

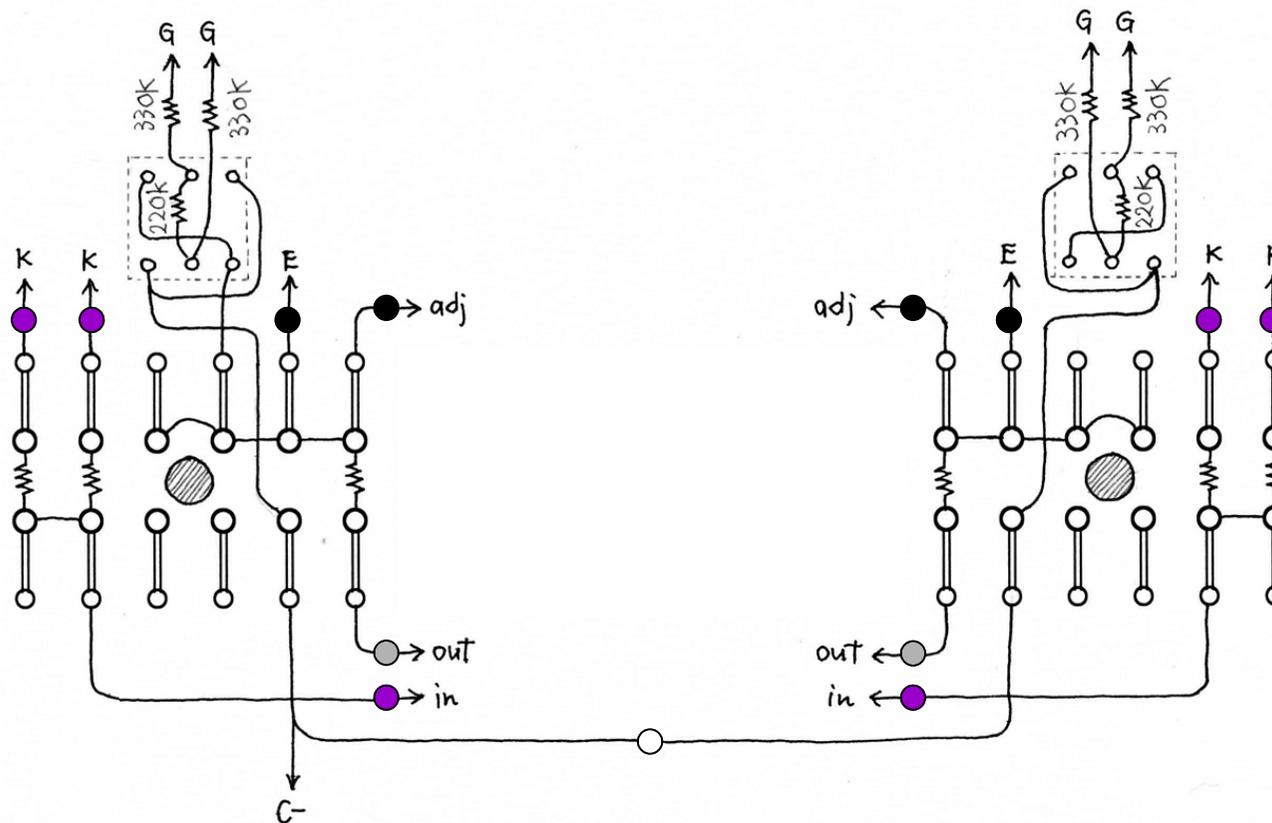
- 4本の出力管ソケットの1pinを中継して最終的にアース母線につなぎます（邪魔にならないように細い線を使います）。

■ グリッド回路

- 330k Ω /4Wの金属皮膜抵抗で、出力管の第1グリッド(5pin)とバイアス調整用ボリュームの中央端子をつなぎます。
- 同時に、2つのバイアス調整用ボリュームの中央端子を220k Ω /4Wの金属皮膜抵抗で結びます。

■ LED回路

- マイナス電源から390 Ω 抵抗を介して電源スイッチのLEDの配線を仕上げます。近くのラグは空きなので中継に使ったらいいでしょう。
- LEDからの黒い線はアース母線につなぎます。



Step-16:出力段通電テスト

- 出力段を含んだ通電テストを行います。テストの手順は以下のとおりです。
 - マイナスドライバーを使って、バイアス調整ボリュームをおおむねセンターの位置に固定します。
 - DCVレンジにしたテスターのCOM側をアース母線、+側を出力管カソード(8pin)につなぎます。
 - 出力管を挿して通電し、電圧を観察します。
 - 18V前後になればOKです。
 - 推定約18V、実測(L-ch:DC V、R-ch:DC V)。
 - LEDが正常に点灯していることを確認します。LEDの両端電圧も測っておきましょう、推定1.8V、実測(DC V)。
 - 一旦電源を切り、アンプをひっくりかえして表にします。
 - DCVレンジのまま、テスター棒を左右それぞれのテスト・ピンジャックに挿入します。
 - 電源をONにして、テスターの電圧を読み取ります。
 - パネル上面からマイナスドライバーを使ってバイアス調整ボリュームを少しずつ回して、電圧表示が5mV以下になるように調整します。
 - ✓ 5mVの時の2本のEL34のプレート電流の偏差は、 $5\text{mV} \div 4.7\Omega = 1.06\text{mA}$ です。
 - この作業を左右ごとに行います。

- とりあえず安定するまで数分かかるので、時間を置いて再調整します。
- 初期安定が得られるまで数十時間は要しますので、持ち帰ってからも時々電圧をチェックして調整するようにしてください。

Step-17: ドライバ段の配線

■ ドライバ段の配線を行います。

2SK30A (GR) を使います

■ 用意する部品

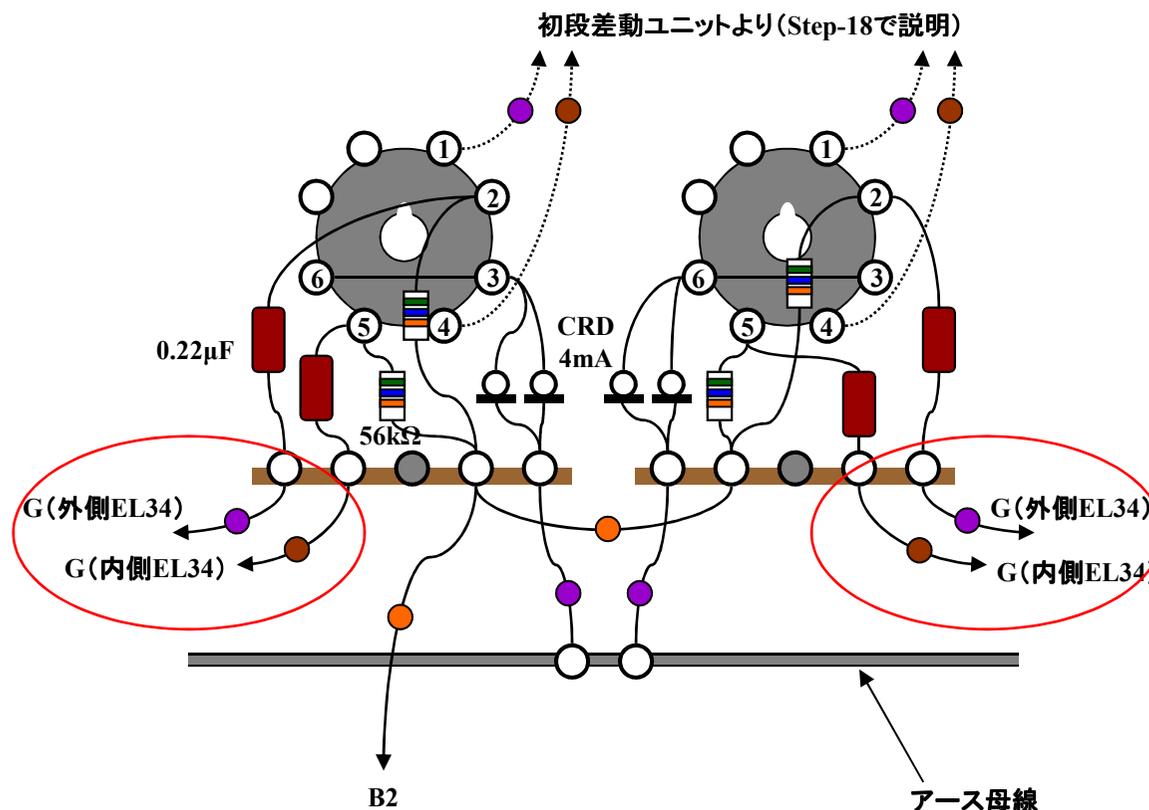
- 定電流ダイオード (4mA相当) × 2組
- 酸化金属皮膜抵抗 56kΩ/1W (■ ■ ■ ■) × 4
- フィルムコンデンサ 0.22μF/400V × 4

■ プレート回路

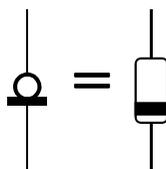
- 56kΩと0.22μFを真空管ソケット(2-pinと5-pin)とラグに取り付けます。
- 56kΩが合流した側と電源(B2)とをつなぎます。
- 0.22μFと出力管グリッド(5pin)をつなぎます。
 ✓ その時、6AN7GTの2-pinから来た経路が外側の出力管のグリッド(5-pin)につながるようにします。

■ カソード回路

- ドライバ管の2つのカソード(3pin, 6pin)を導線でつなぎ、
- さらに定電流ダイオードを経てアース母線につなぎます。その際、リード線の長さを考えて空いたラグをうまく使います。(右図と同じ位置に取り付ける必要はありません)



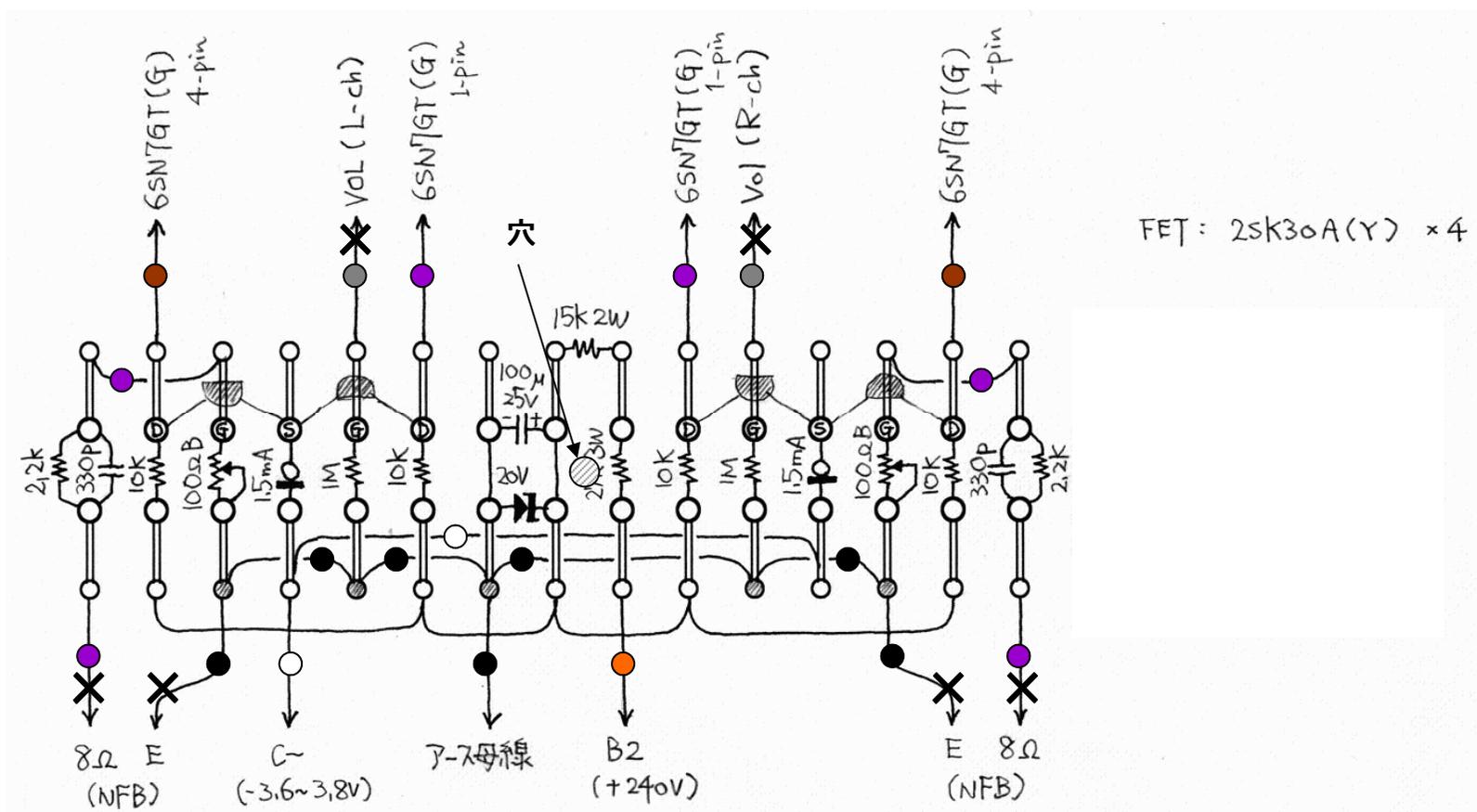
CRDの向き→



Step-6より:初段差動ユニットの接続

■ Step-18で行う初段差動ユニットまわりの接続は下図のとおりです。

- ✓ 音量調整ボリューム(VOL)をつなぐのはStep-19、
- ✓ 負帰還(NFB)の線をつなぐのはStep-24です。



Step-18: 初段差動回路のユニット取り付けと配線

- いよいよ、最後のユニットの取り付けです。
- 用意する部品
 - 初段差動ユニット
 - 貼り付けボス×3
 - 3mmビス×3
 - 3mmスプリングワッシャ×3
- ユニットの取り付け
 - 先に初段差動ユニットに貼り付けボスを3mmビスで15P平ラグ側に仮止めしてから、シャーシ前面裏側の位置決めをします。
 - 貼り付けボスのシールをはがし、初段差動ユニットごとシャーシ前面裏側に固定します。あつという間にしっかり貼り付いてしまうのでご注意ください。
- 各部とつなぐ(38ページ、39ページの実体配線図参照)
 - 初段差動ユニットのB電源端子からの橙色の線をB電源ユニットの「B2」端子につなぎます。
 - 初段差動ユニットのマイナス電源端子からの白色の線をバイアスユニットまで来ているマイナス電源端子につなぎます。すでにハンダが済んでいる箇所をさらに上からハンダを盛ってつないでしまいます。
 - 初段差動ユニットの出力とドライバ管のグリッド(1pin、4pin)とをつなぎます。
 - ✓ 紫色の線は1-pin、茶色の線は4-pinです(Step-17の実体配線図参照)。
 - ✓ この線は丁寧に捻ります。
 - 初段差動ユニットのアース端子からの黒色の線をアース母線をつなぎます。

Step-19:入出力の配線

- 入力端子からボリュームまわりと、スピーカー出力まわりの配線をします。

- 用意する部品

- シールド線
- 熱収縮チューブ(シールド線にぴったりはまるサイズ)
- 酸化金属皮膜抵抗 10Ω/1W (■ ■ ■ ■) × 2
- フィルムコンデンサ 0.1μF/50V~100V × 2

- スピーカー出力まわり

- 出力と並列に入れる安定用CRを直列にしたものをあらかじめ作っておきます。
- 主として使用するスピーカーのインピーダンスに合わせて出力トランスの出力端子「0」および「4Ω~16Ω」とスピーカー端子をつなぎます。
- スピーカー端子に安定用CRを取り付けます。
- 今の段階ではスピーカー出力側のアースは浮いていますがそのままにします。

- 入力端子からボリュームまで

- 下処理として、左右のRCAピンジャックのアース側を銅単線等でつないで仮止めしておきます。また、ボリュームのアース側の2つの端子も線でつないで仮止めしておきます。
 - ✓ なお、入力端子のところではアースはシャーシにはつなぎません。
- シールド線の入力のRCAピンジャック側の末端処理をします。シールドの網を切らないように注意深く外皮だけを3cmくらいの長さでむきます。むきしろは長めの方が仕上がりが良いですし、信号経路はシャーシで守られているので長くしても外部からノイズを拾う心配はありません。
- 左右のRCAピンジャックのアース側からは太めの線を1本引き出します。長さはボリュームまでですが5~10cmくらい長めにしておきます。
- シールド線の芯線およびシールド側をRCAピンジャックにつなぎます。
- ボリュームまでの長さに合わせてシールド線を切ります。
- シールド線のボリューム側の末端処理ではシールドの網は切除して殺してしまいます。こちらもむきしろは長めの方が仕上がりが良いです。シールドの網のヒゲが悪さをしないように熱収縮チューブまたはビニールテープをかぶせてドライヤーまたはハンダごてであぶって収縮させます。
- シールド線のボリューム側をボリューム端子につなぎます。
- 入力端子から引いたアースは2本のシールド線に沿わせるかあるいはまきつけるようにして這わせ、ボリュームのアース側につなぎます。ここからはアースをもう1本出しますのでそのことも考えて処理します。

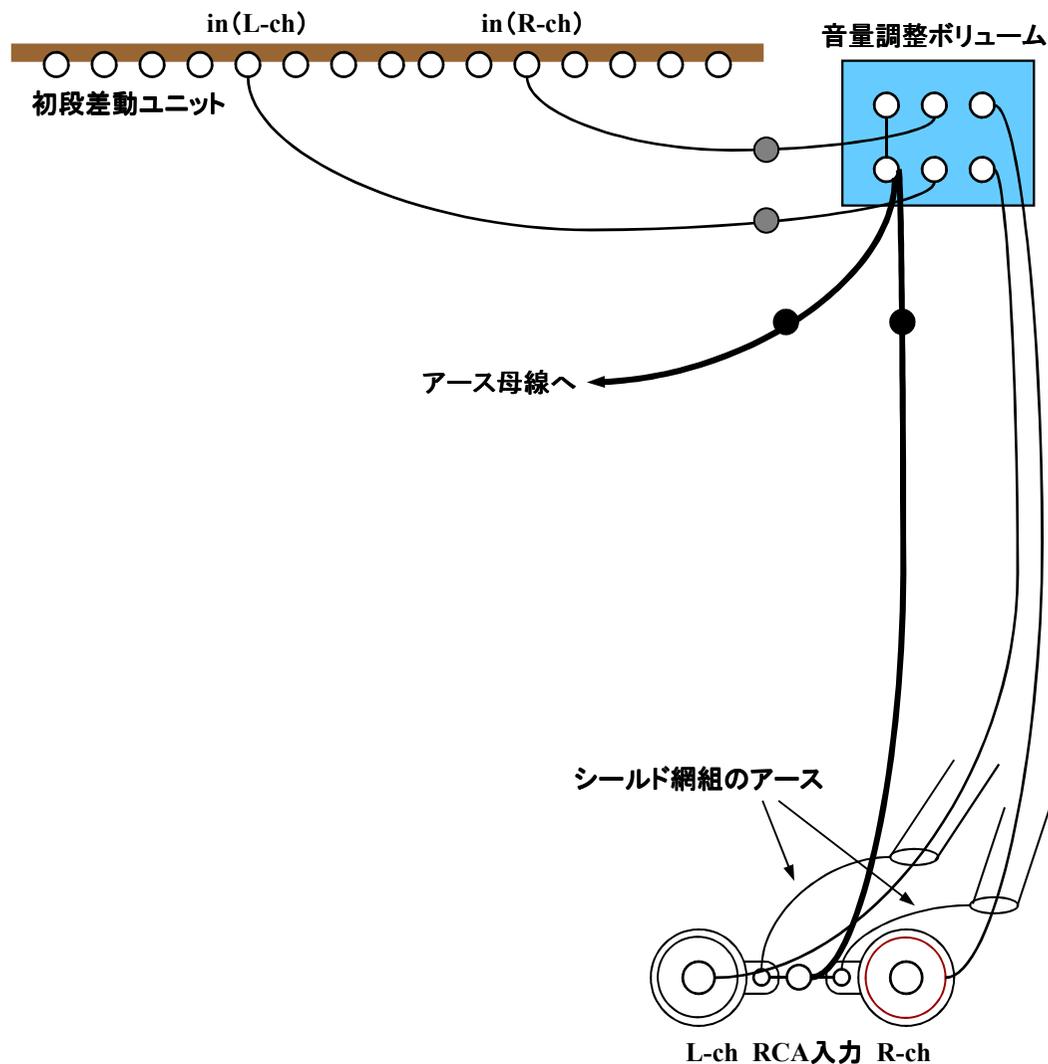


講座で使用する部品は画像とは若干異なります。

Step-19:入出力の配線（つづき）

■ ボリュームから初段差動ユニットまで

- ボリュームのアース側とアース母線をつなぎます。
- ボリュームの中央端子から初段差動ユニットまでの配線をします。ここではシールド線は使いません。
- ✓ シャーシ内でシールド線を使う目的は、主に左右チャンネル間の信号の飛びつき防止と、シャーシ内で生じているわずかなノイズを拾わないためです。
- ✓ 本製作では、経路が長くなるRCA入力から音量調整ボリュームまでにはシールド線を使いますが、音量調整ボリュームから初段までの経路にはシールド線は使わないこととします。この場合、左右の導線(灰色)を密着させないように配慮します。



Step-20:アースの導通チェック

- これでアンプが初期動作するためのすべての配線が完了しました。通電テストを行う前に、アンプ全体にわたってアースがつながっているかどうかをチェックします。
- アースがどこかで途切れている忘れ物は非常に多いからです。しかも、B電源がつながっているのにアースが途切れていると、回路全体にB電圧がかかってしまうので非常に危険です。
- チェックの手順は以下のとおりです。
 - テスターをΩレンジにして、COM側をアース母線につなぎ、順次導通を確認します。
 - シャーシ
 - 入力RCAピンジャックのアース側
 - ボリュームのアース端子
 - 音量調整ボリュームのシャフト
 - 初段差動ユニットのアース端子
 - L-chのバイアスユニットのアース端子とバイアス調整ボリュームのケース
 - R-chのバイアスユニットのアース端子とバイアス調整ボリュームのケース
 - 4本ある出力管の1pin
 - 2つあるLM317のadj端子
 - 電源ユニットのアース端子
 - ヒーターライン

Step-21:全体通電テスト

- いよいよ全体の通電をします。すでに手順を踏んで何度も通電テストを行ってきましたからたとえミスがあったとしても慌てることはありません。
- 用意する道具
 - 8Ωダミーロード×2(正式なものではありませんが、8.2Ω10Wのセメント抵抗で充分です)
- 全体通電テストの手順では、アンプの主要な各部の電圧が正常であるかどうかで判断します。
 - すべての真空管を挿し、出力端子にダミーロードを取り付けます。
 - 音量調整ボリュームをminの位置にします。
 - テスターをDCVレンジにして、アース母線を基準にB電圧(B1)が測定できる状態にします。
 - アンプの電源をONにして、B1の電圧の推移を監視します。電源ON直後に360Vくらいになり、10秒くらいしてから徐々に低下しはじめて270Vくらいに落ち着けばまずは成功です。「シュー」とか「ジリジリ」といった異音がしたり、焦げ臭かったりしたらすぐに電源を切ります。
 - 電圧が正常だったら、念のために6本の真空管のヒーターが点灯しているか、電源スイッチのLEDが点灯しているか確認しておきます。
 - 以下、各部の電圧を測定します。
 - 2つある82Ω10Wの両端電圧・・・推定約14.5V、実測(DC V、DC V)
 - B1電圧・・・推定約270V、実測(DC V)
 - B2電圧・・・推定約240V、実測(DC V)
 - マイナス電圧・・・推定約-3.7V、実測(DC V)
 - 出力段カソード電圧・・・推定約18V、実測(L-ch:DC V、R-ch:DC V) ※ここでは4.7Ωの存在を無視する。
 - LM317のout端子電圧・・・推定約1.25V、実測(L-ch:DC V、R-ch:DC V)

Step-21:全体通電テスト（つづき）

■（前ページからのつづき）

- 初段電源電圧…推定約20V、実測(DC V)
- 初段2SK30Aの共通ソース電圧…推定約0.6~0.9V、実測(L-ch:DC V、R-ch:DC V)
- ドライバ段6SN7GTのグリッド電圧…推定約12V、実測(L-ch:DC V & DC V、R-ch:DC V & DC V)
- ドライバ段6SN7GTの共通カソード電圧…推定約17V、実測(L-ch:DC V、R-ch:DC V)
- ドライバ段6SN7GTのプレート電圧…推定約130V、実測(L-ch:DC V & DC V、R-ch:DC V & DC V)
- スピーカー端子電圧(DCVレンジ)…推定0V、実測(L-ch:DC V、R-ch:DC V)
- スピーカー端子電圧(ACVレンジ)…推定1mV以下、実測(L-ch:AC mV、R-ch:AC mV)

Step-22: はじめての音出し

- アンプにスピーカーをつなぎ、音楽ソースを入れて聞いてみましょう。
 - ✓ アンプが正常に動作している限り、ほとんどノイズは聞こえないはずです。
 - ✓ 無帰還の状態ですから、ダンピング・ファクタは実用値よりも低いままですが、周波数特性も歪み率特性もすでに実用十分なものになっていますので立派に音楽を再生します。
 - ✓ お気に入りのソースをかけて、コーヒーブレークにしましょう。

Step-23:アンプの基本特性の測定

- 無帰還時の本機の基本特性を測定しておきます。
- 使用機材は、当講座で用意した簡易100Hz発生器および標準的なオーディオ測定機材を使用します。
- 裸利得の測定
 - L-ch:入力信号電圧(mV)、(倍) at 1kHz, 1V output, 8Ω
 - R-ch:入力信号電圧(mV)、(倍) at 1kHz, 1V output, 8Ω
 - もし、左右チャンネルのアンバランスが10%以上あったら、ドライバ管を左右入れ替えてみます。

■ 周波数特性の測定

■ 周波数	L-ch:	R-ch
<input type="checkbox"/> 10Hz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 20Hz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 100Hz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 1kHz(基準値)	(0 dB)	(0 dB)
<input type="checkbox"/> 10kHz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 20kHz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 50kHz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 100kHz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 200kHz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 500kHz	(dB)	(dB)
<input type="checkbox"/> 1MHz	(dB)	(dB)

■ 残留雑音

- L-ch:(mV) 入力ショート、補正なし、8Ω負荷
- R-ch:(mV) 入力ショート、補正なし、8Ω負荷

Step-24:負帰還の実装

■ 負帰還をかける手順は以下のとおりです。

- 左右各チャンネルごとに、スピーカー端子(0と8Ω)と初段差動ユニット(アースとNFB端子)とを捻った線でつなぎます。
- 初段差動ユニット上の負帰還調整25回転100Ω半固定抵抗の値が0Ωになるように回しきっておきます。
- ダミーロードをつなぎ、利得が測定できる状態にします。
- アンプを動作させ、スピーカー端子での出力電圧が1Vとなるような入力信号を入れます。
- 負帰還調整25回転100Ω半固定抵抗をまわしながら、出力電圧の動きを観察します。
 - ✓ 出力電圧が増加する・・・位相が逆転しているので正帰還になっています。出力トランスの1次側の2つの「P端子」を入れ替えます。
 - ✓ 出力電圧が減少する・・・正しく負帰還がかかっています。
- 正しく負帰還がかかるようになったら、1Vだった出力信号電圧が0.4Vとなるように調整します。これできっかり8dBの負帰還がかかりました。
- 次に左右チャンネルの利得のバランスを調整します。
 - ✓ 基準としたい側のチャンネルの出力電圧が1Vとなるようにしておき、同じ信号を反対側のチャンネルに入力します。そして、反対側のチャンネルの出力電圧も1Vとなるように調整すれば完了です。これで、左右チャンネルの利得は正確に同じになりました。
 - ✓ 無帰還時の出力電圧を1Vをとした時の、調整後の出力電圧と負帰還量の関係は以下のとおりです。

➤ 1V	0dB
➤ 0.63V	4dB
➤ 0.5V	6dB
➤ 0.4V	8dB
➤ 0.316V	10dB
➤ 0.25V	12dB
 - ✓ ※本機的设计では、10dBくらいまでの負帰還までは安定動作します。

測定器がない場合:

25回転100Ω半固定抵抗の両端にテスターを当てて、抵抗値が「55Ω」となるように調整すれば、ほぼ設計どおりの利得と負帰還量になります。負帰還がかかっているので、左右の利得はきれいに揃います。

Step-25:負帰還時の特性

- 余裕があったら負帰還時の本機の特性も測定してみましょう。
- 負帰還利得の測定
 - L-ch:入力信号電圧(mV)、(倍) at 1kHz, 1V output, 8Ω
 - R-ch:入力信号電圧(mV)、(倍) at 1kHz, 1V output, 8Ω
- 周波数特性の測定
 - 周波数 L-ch: R-ch
 - 10Hz (dB) (dB)
 - 20Hz (dB) (dB)
 - 100Hz (dB) (dB)
 - 1kHz(基準値) (0 dB) (0 dB)
 - 10kHz (dB) (dB)
 - 20kHz (dB) (dB)
 - 50kHz (dB) (dB)
 - 100kHz (dB) (dB)
 - 200kHz (dB) (dB)
 - 500kHz (dB) (dB)
 - 1MHz (dB) (dB)
- 残留雑音
 - L-ch:(mV) 入力ショート、補正なし、8Ω負荷
 - R-ch:(mV) 入力ショート、補正なし、8Ω負荷

応用・・・クロス中和

- 超高域特性を改善する手法としてクロス中和があります。
- 本講座中に実施する時間までではないと思いますが、部品を提供しますので余裕ができたらやってみてください。
- 用意する部品
 - ディップマイカ・コンデンサ 4.7pFまたは5.1pF(4R7 or 5R1と表示) × 4
- コンデンサの取り付け
 - 出力管のプレート(3pin)とグリッド(5pin)とを、2管の間でタスキガケにコンデンサを取り付けます。
 - ✓ 接続は、「情熱の真空管」280ページまたはホームページ(<http://www2.famille.ne.jp/~teddy/myamp/tune2.htm>)を参照してください。
 - ✓ リード線が届かない場合は、空いたラグを中継に使うか、ラグを追加してください。
 - ✓ これで本やホームページに記載のとおり、100kHzあたりの超高域特性がほどよく改善されます。効果は、聴感上わかるかわからないかぐらいのデリケートなものです。

修了

- 2日間、おつかれさまでした。
- 短い時間でしたが、アンプ製作・実装の基本的な流れについて通して学習してまいりました。部品の扱い方、線材の扱いやハンダづけのこつ、間違いをしない製作手順などについてご理解いただけたと思います。
- また、同好の士とともに2日間楽しくお過ごしいただけたのではないのでしょうか。
- この2日間で残った宿題のある方は、どうかじっくり取り組んで完成させてください。そのためにどんどんインターネットの掲示板を使ってください。
- アンプ作りでは、まだまだ多くのことを学ばなければなりませんし、人それぞれにもっといろいろな知恵や工夫が湧いてくることでしょう。本講座で触れることができなかった内容は以下のとおりです。
 - 回路設計のA to Z。
 - シャーシ加工の方法。
 - 測定の方法。
- これに懲りなければ、将来、もう1台アンプをお作りになるかもしれませんし、何か別の電子工作をされるかもしれません。次のステップとしておすすめするとすれば、工具の充実があります。良い工具を持つことで飛躍的にやれることが広がります。もうひとつのおすすめは、回路設計技術を磨くことでしょう。
- 今回学習したことをベースににして、今後さらに楽しい工作の楽しみやオーディオライフが開けることをお祈り申し上げます。