

## 6V6三結AB2級プッシュプルアンプ

高間 欣也 (きん)

本アンプは、Arito's Lab製の出力トランス DE-8K7W (8KohmPP用出力7W)の製品モニターにより製作しました。

このトランスは大変高度な巻線技術により製作されていて、低域、高域ともに大きく伸びているにも関わらず、高域の減衰特性も大変素直なので高い負帰還もかけやすいと思われます。

このアンプは製作例としての意味合いもあるので、部品の入手性や製作の容易さ、動作の安定性などを考慮した上で、ポピュラーな球の割にはあまり製作例が見当たらない6V6の3結プッシュプルアンプを作ることにしました。

6V6は通常のビーム管接続で使用すればプッシュプルで10W以上の出力が得られますが、音質を優先して3結で使用するとプッシュプルでも3W以下しか得られません。

如何に音質優先とはいえ3W程度の出力では2A3などのシングルアンプなどの方が合理的ですので、回路は多少複雑になりますが、グリッドを+領域まで駆動するAB2級動作を採用して出力7W(THD=5%)を得ることができました。

### 使用真空管

6V6には一般的なGT管だけでなく、メタル管やST管の形状もあります。またヒーター電圧違いの5V6などもあります。

またソケットを変えればロクタル管の7C5、7pinMTの6AQ5、更に9pinMTの6P1P(ロシアや中国製)など、同一回路で使い回せるのも楽しいと思います。

ドライバー管は手持ちの関係で6GH8Aという5極3極の複合管を使用しましたが、これは一般的な6U8Aや6BL8と互換があり、そのまま差し替えられます。

### モニター用アンプとして特に設計を留意したこと

1. 真空管のばらつきをできるだけ許容する回路構成にしました。

ばらつきが最も大きな初段の5極部にはバランス調整機構を設けましたが、出力段は通常よりも大きなカソード抵抗を使用して電流帰還を大きくかけることにより真空管のバラツキを吸収して無調整で安定的に使用できるようにしました。

2. 小型化、重量軽減、低コスト、および高性能(低リップル)化のため、FETによるリップフィルターを採用しました。

3. 初段の差動式位相反転回路は、定電流IC(LM334)を使用することにより、負電圧の供給を不要にして回路の簡略化を行いました。

4. スクリーングリッドのデカップリングはクォード II で使用している方式を採用して、部品点数の削減と容量の低減を行いました。

5. 安価でかつ自作しやすいシャーシ構成としました。

弁当箱スタイルのシャーシを使ってもよいのですが、作りやすさと見栄えを兼ねて木枠にアルミ平板を載せる形にしました。

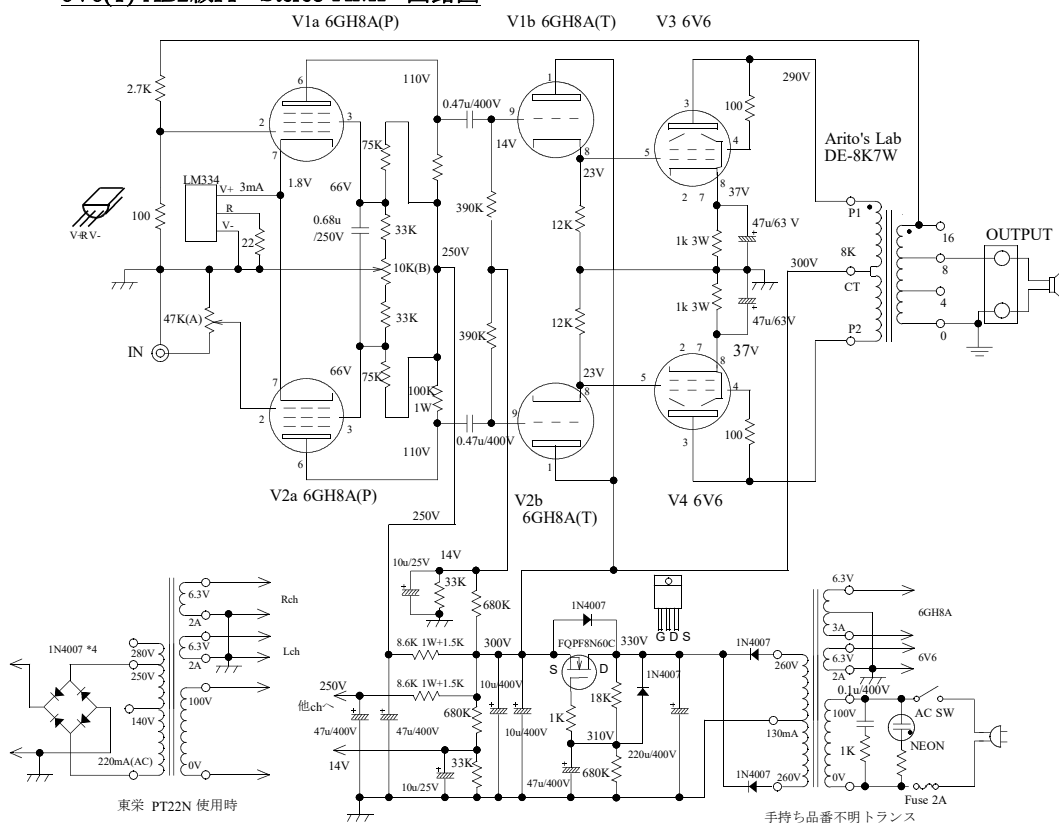
木枠は100均で入手できるMDF板とカッティングシートを使用しており、大変リーズナブルに製作できます。

アルミ平板は200mm\*300mm\*1.2tの定尺サイズを使用し、アルミ板の切り出しや折り曲げも不要としました。(今回の製作例は手持ちのアルミ板を使用した関係で200mm\*280mm\*1.2tとなっています。)

## 回路図

**6V6(T) AB2級PP Stereo AMP 回路図**

2020/03/02



### 試聴結果

本機の音の特徴は音が前に出てくる感じがします。本機のダンピングファクターが約 3.5 とあまり高くないせいもあるのかもしれませんが、柔らかな低中域でボーカルが大変心地よく聞けます。

かといって高域もよく伸びているので、ポップス系のシンバルなどが多く入った曲もそつなくこなします。

出力 7W は私の 92dB/W/m の能率のスピーカーでも私の部屋で聞く分にはパワー不足は全く感じず、出力 70W の D 級アンプと比較しても引けを取りません。

### 特性

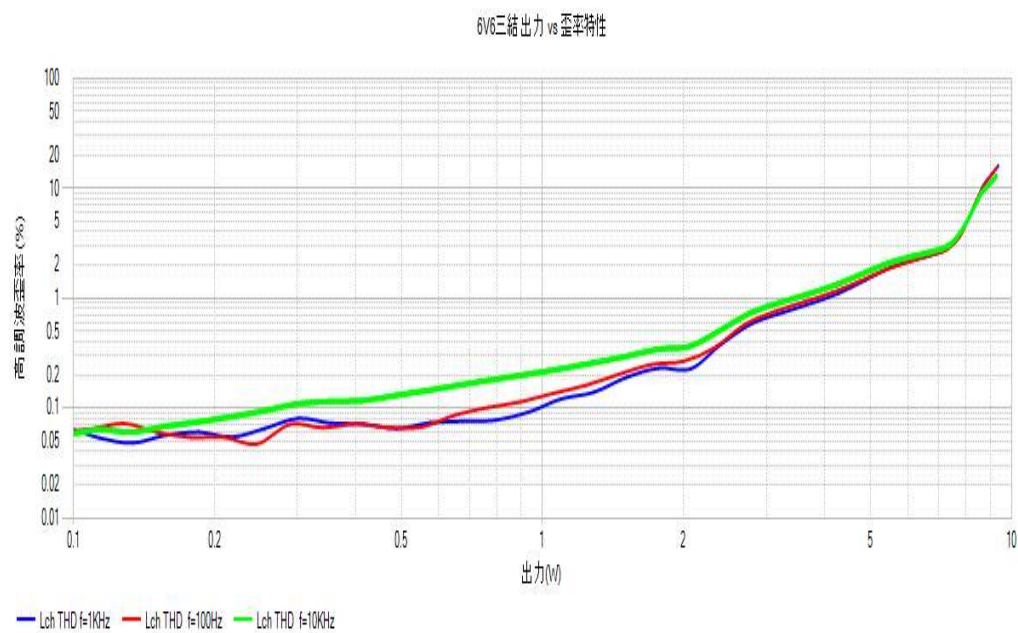
	Lch	Rch
周波数特性(1W)	5.3Hz(-3dB)~160KHz(-3dB)	5.5Hz(-3dB)~160KHz(-3dB)
出力(THD5%)	7.2W	7.2W
裸利得	26.1dB	24.5dB
総合利得	20dB	19dB
NFB量	6.1dB	5.5dB
DF 1KHz、注入法	3.5	3.1

左右チャンネルの利得差は初段管のバラツキによります。

周波数特性やDF特性の差も帰還量が異なるためです。

## 詳細データ

## 出力vs歪率特性

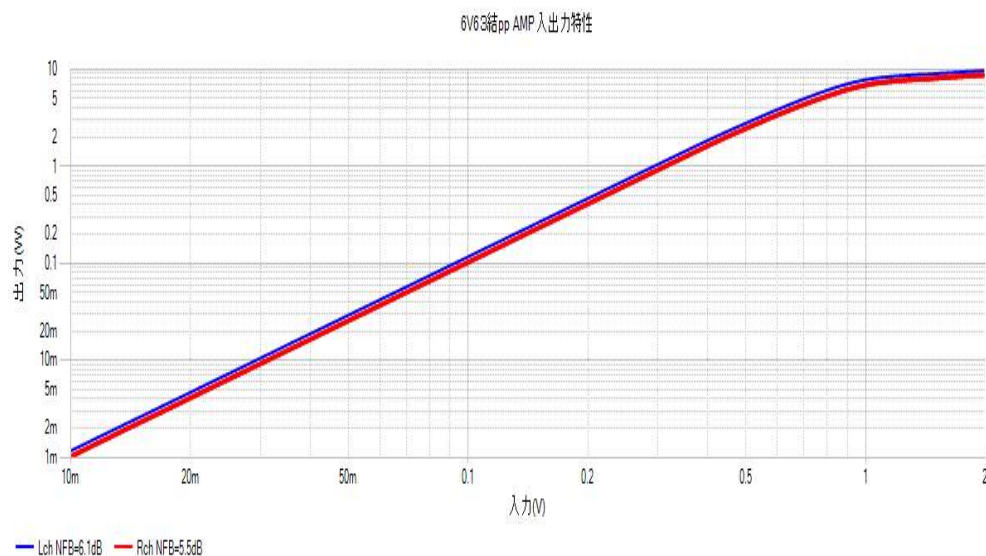


THD=1% 時に約3.5W

THD=5% 時に約7W の出力が得られました。

Po=2W辺りに若干の歪率変動がありますが、これ以降でAB2級動作になっているようです。

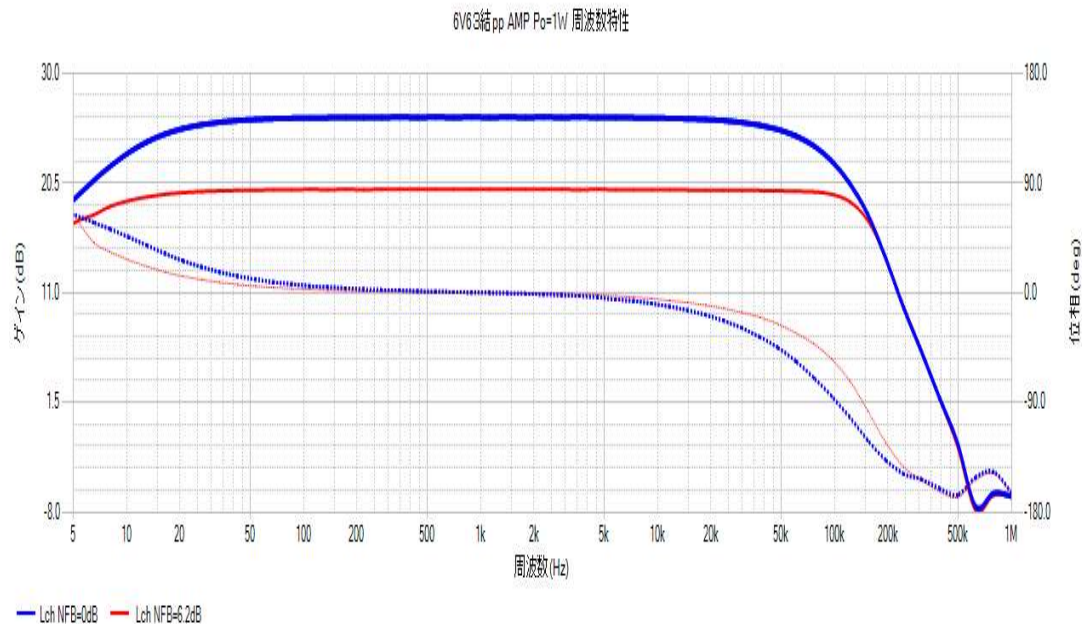
## 入出力特性



約6dBの帰還をかけた状態で、約1Vで最大出力となります。

更に帰還量を増やすこともできますが、感度低下を嫌ったのと、特性的にも特に問題ないレベルになりましたので、NFBは6dBとしました。

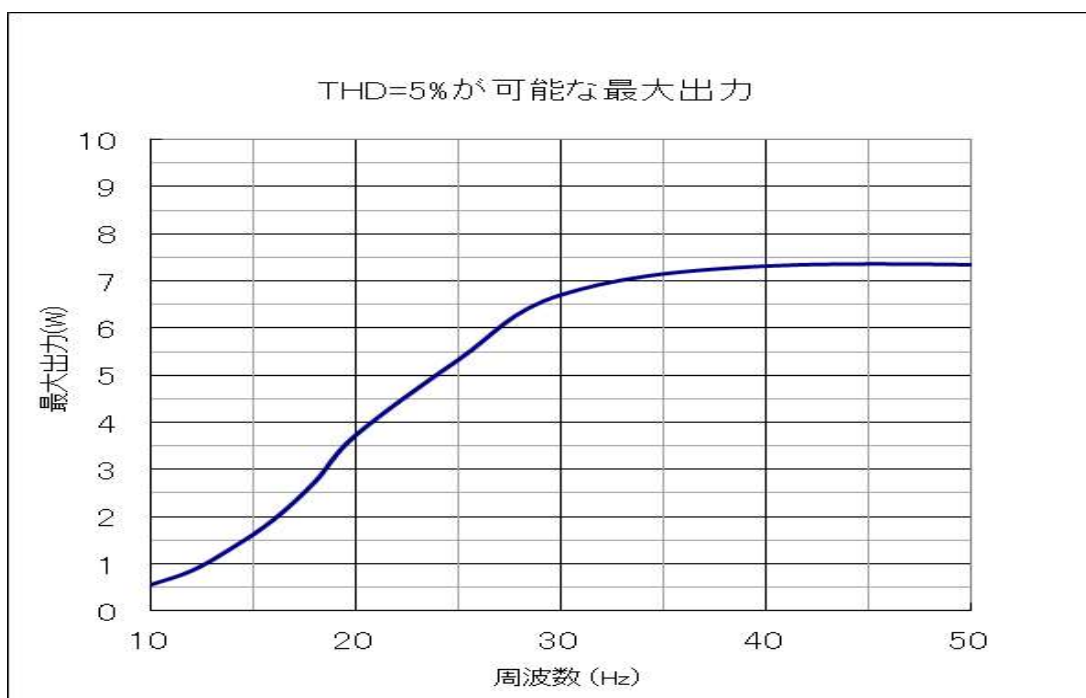
## Po=1Wにおける周波数特性



NFB=6dBにおいて、高域は $f=100\text{kHz}$ 程度まで伸びていて、周波数特性の暴れも殆ど見られません。

低域も $f=20\text{Hz}$ 以下まで十分に伸びていて真空管アンプとしては大変広帯域の特性が得られていると思います。

## 低域の出力特性

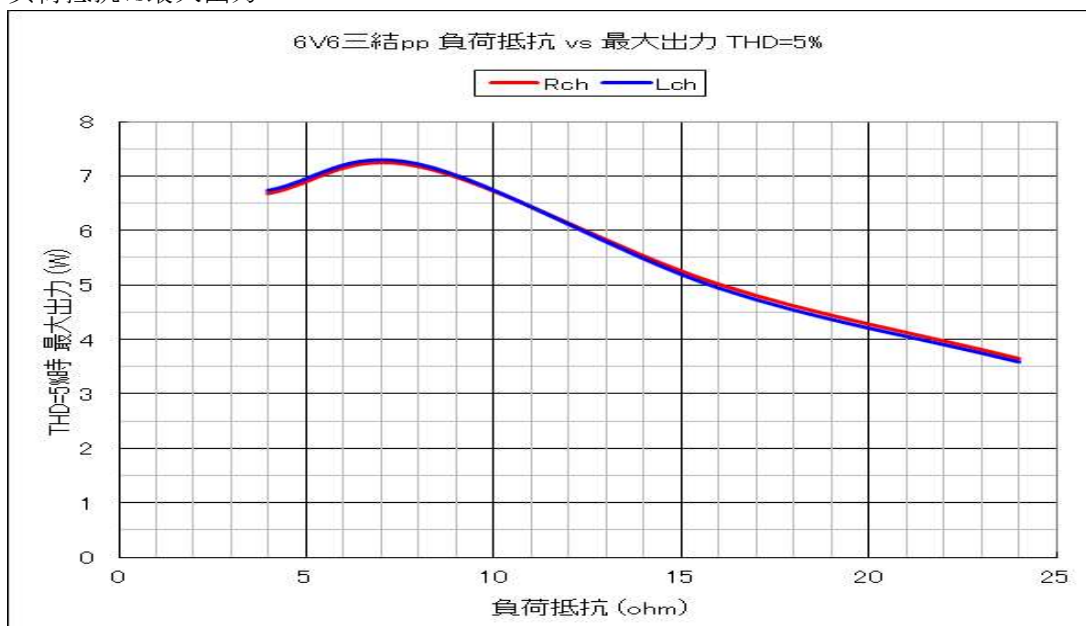


低域の出力能力を調べるために、THD=5%を維持できる周波数特性を測定しました。

本機の最大出力はTHD=5%時に約7.2Wで、これは $f=40\text{Hz}$ 程度まで維持できます。

更に周波数が下がると出力電力も低下していきますが、 $f=20\text{Hz}$ でも約3.7W程度の出力が得られ、小型のトランスとして大変優秀な低域特性を示していると思います。

## 負荷抵抗vs最大出力



出力トランスの $8\Omega$ 端子に接続した負荷抵抗の値と最大出力の関係のグラフです。

約 $8\Omega$ 負荷で最大出力が得られており、負荷のマッチングは良好である考えられます。

写真



手持ちの真空管を使ったので、内部構造は同じものを選びましたがメーカーはバラバラです。  
パイロットランプは40年以上前のネオン管を使いました。  
左右の取っ手は建築資材の「かすがい」を加工、塗装して使いました。@60円



t=1.2mm のアルミ平板に穴あけと塗装をした天板を使っています。



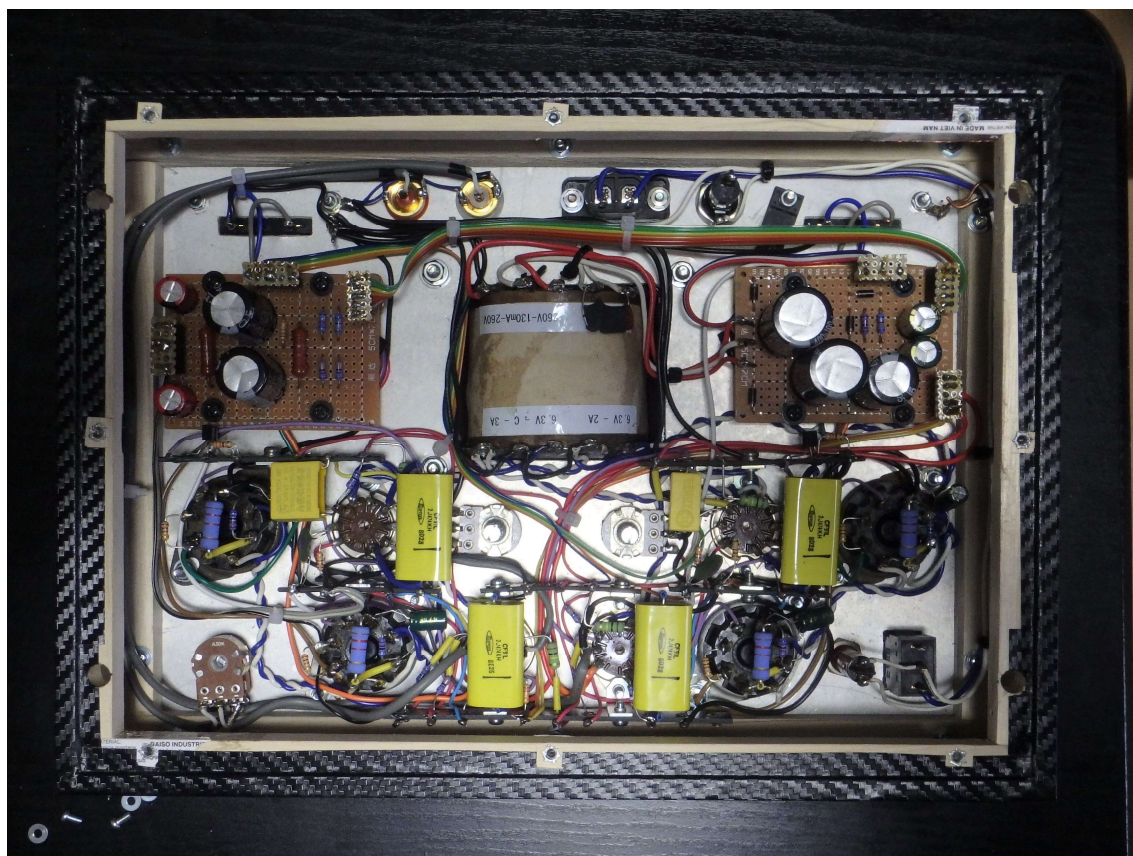
電源トランスはメーカー不明な古い手持ちのものです。サビが酷かったので再塗装したついでにステッカーも作成して貼り付けました。

ネームプレートは $t=1\text{mm}$ の銅板にインクジェットプリンタで印刷できる「タトゥーシール」を使い作成したデカールを貼り付けて作りました。

本当は、初段の真空管と位置を入れ替えたかったのですが、電源トランスに近づきすぎてノイズ面での不安があったので、この配置になりました。



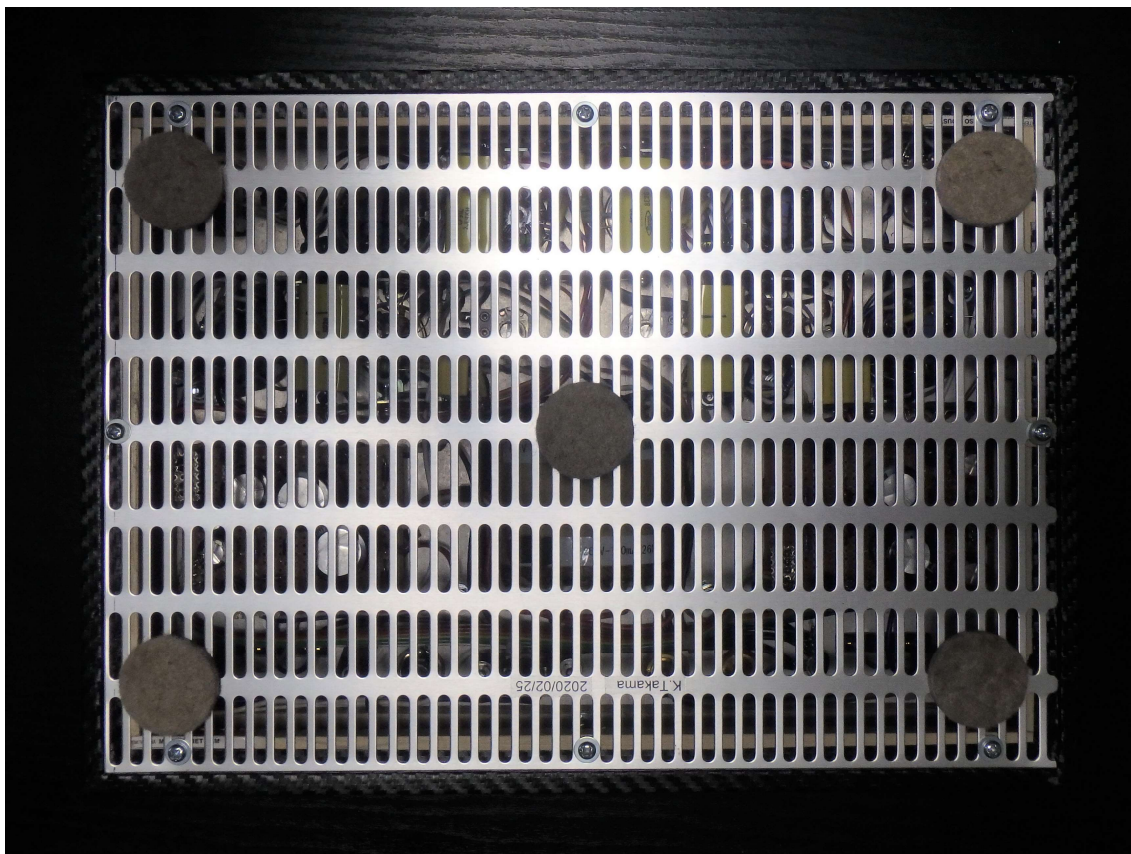
お約束のヒーター一点灯時写真  
管壁に青く光る蛍光がきれいです。



電源部は蛇の目基板を使いました。また、基板間は2.54mmピッチのピンヘッダを使って接続しています。B電源は隣接するピンを抜いて間隙を稼ぐなどの対処をしています。

信号部の配線は端子数や取り付けピッチなどを自由に設定できる自作の縦ラグ板を使っています。

外枠の木材には鬼目ナットを埋め込んで裏板をナットで留められるようにしました。



裏蓋はt=1mmのアルミパンチング板を使いました。



ベーク板を加工して自作した縦ラグ



DE-8K7W パッケージ



使用したタトゥーシール

## 使用回路の説明(補足)

### 1. 差動増幅段

5極管による位相反転回路ですが、カソードの定電流回路にLM334という約1Vから動作する定電流ICを採用することにより、定電流作成のための負電圧を不要としました。

また、電圧増幅用の5極管はばらつきが多きいのでバランス調整回路を設けます。通常バランス調整は共通のカソードに半固定抵抗を入れることが多いですが、その場合電流帰還がかかり、回路のゲインが低下する弊害が生じますので、本機ではスクリーングリッドの電圧を調整することにより、プレート電流のバランスをとる回路構成にしました。調整方法は、5極管の両プレート電圧が等しくなるようにボリュームを回します。

スクリーングリッドのデカップリングコンデンサはクォードⅡで使用しているスクリーングリッド間を1つのコンデンサで接続する方式にしました。この方式はコンデンサの使用数も、必要な容量も通常の半分で済むので大変合理的と考えます。

### 2. カソードフォロワー段

出力管にかかる電圧を約250Vにするためと、各球のバラツキを抑制するために各出力管毎のカソードに1K $\Omega$ の抵抗を入れてカソード電圧を約40Vにしています。

このため、出力管の電流バランスは特に気にしなくても良いようになりました。

### 3. 電源回路

リップル低減効果と小型軽量化を図るため、FETのリップルフィルターを使用しました。使用したFETはFQPF8N60C という600V 7.5Aの最大定格の品を使用しました。これ以上の定格のものなら他の品番のものでも同様に使用できます。

この手のFETはスイッチング電源のドライブ用に大量に使用されているので大変安価に入手できます。

使用上の注意事項として本FETは放熱のためシャーシに取り付ける必要があります。その際ゲートに接続する発振防止用の1K $\Omega$ 抵抗は必ずFETのゲート端子の直近に接続してください。

また、半導体はちょっとしたミスで簡単に破壊するので、いくつか予備を用意しておく事をお奨めします。

電源トランスは30年以上前の古い手持ちトランスを使用しました。同様の規格のトランスは現在でも手に入りますが、シールド内蔵でブリッジ整流方式の東栄PT-22Nを使うと小型化、低雑音化などが図れると思います。

以上