ＰＣＬ８２／１６Ａ８
ＣＳＰＰ　アンプの製作

2021.10．19　初版
2021.10．23　修正

Masa Audio Works　：　M.Uchida

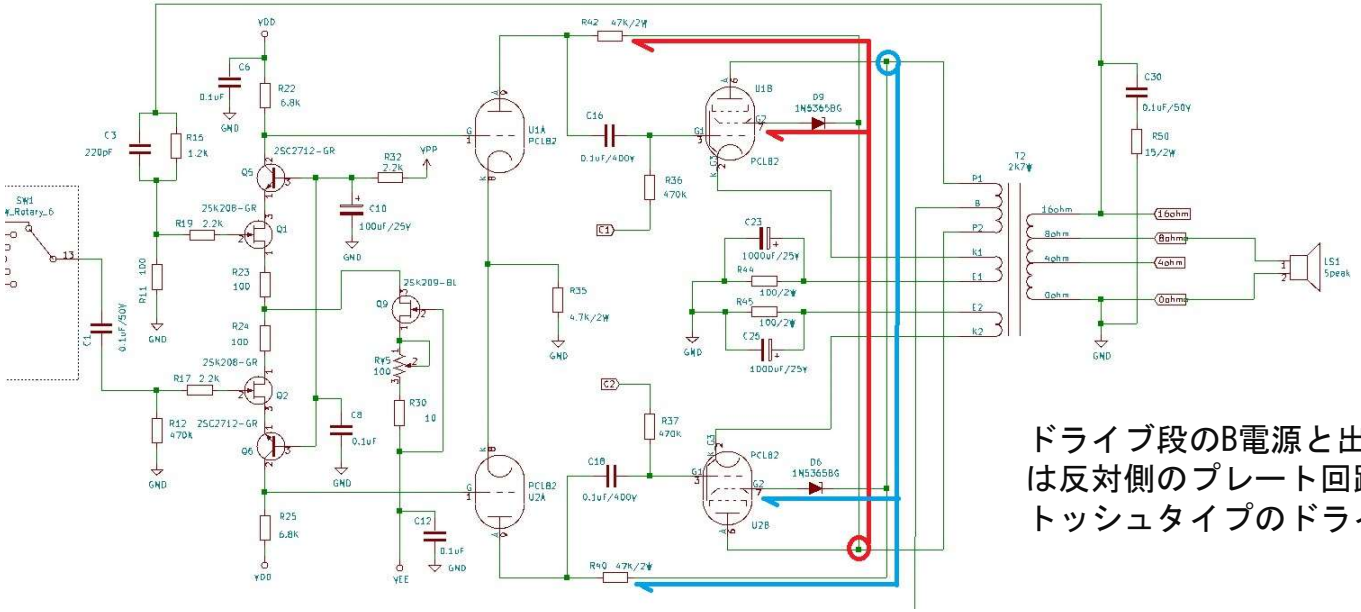
- １．アンプの概要
- ２．CSPP方式
- ３．アンプ回路
- ４．アンプ基板
- ５．電源基板
- ６．配線図・部品表
- ７．ケース加工・組立
- ８．配線
- ９．調整・電圧確認
- １０．動作確認・特性測定
- １１．音質評価

1. アンプの概要

このアンプはCSPP専用トランスとPCL82/16A8を使用したクロスシャントプッシュプル方式のアンプです、
CSPP方式のアンプはどうしても回路が複雑になりがちなので、簡単に製作する気が起きない方式なのですが、
アンプ回路を基板化することで色々な球を使ったCSPPアンプに挑戦し易くすることを目指してみました。

2. CSPP方式

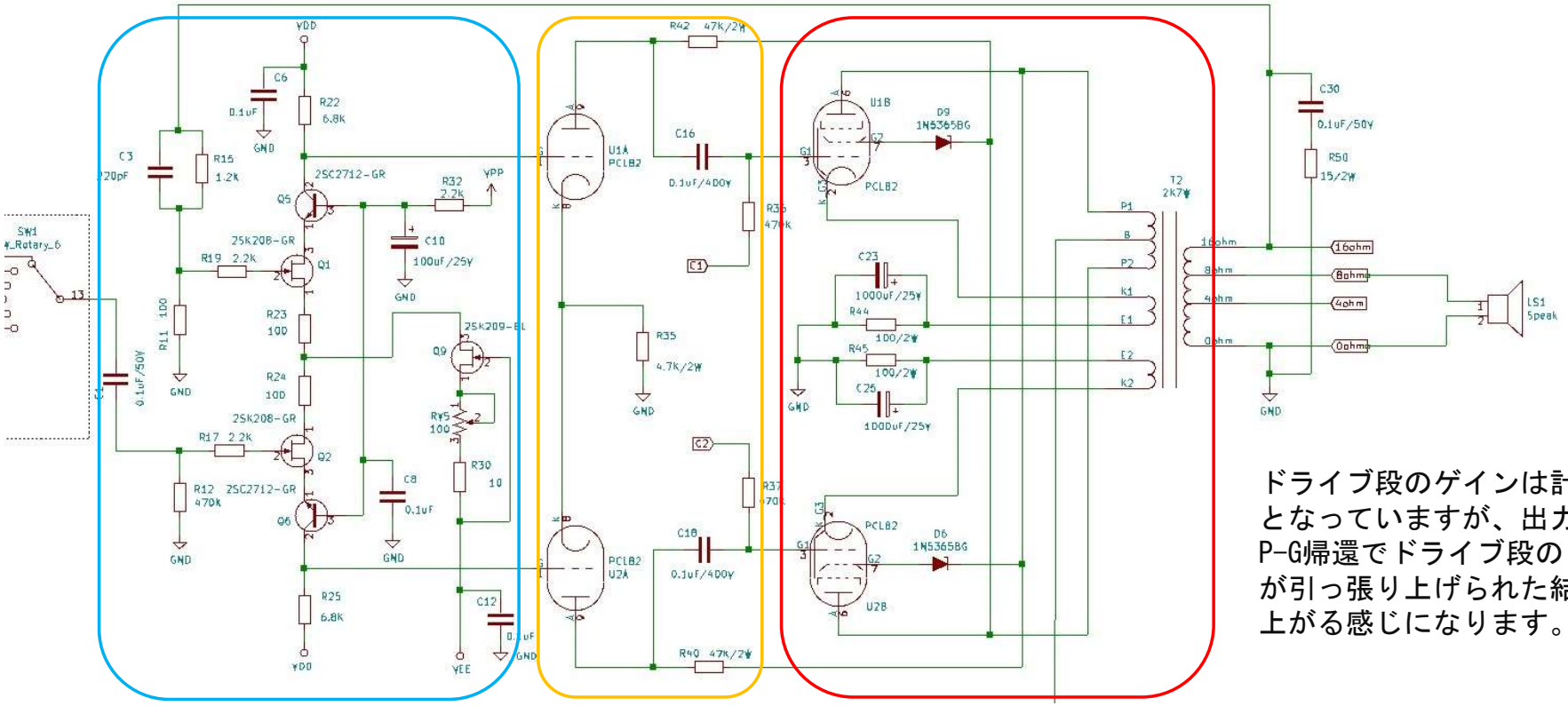
本アンプのCSPP方式はバイファイラ巻トランスを使用した一般的にマッキントッシュタイプと言われる方式です
このタイプは大きな駆動電圧で出力段を駆動する必要があるので、一般的なCR結合のドライブ回路の場合はドライブ段
に高いB電圧が必要となり電源回路が複雑になってしまいますが、本家マッキントッシュに習いブートストラップを
利用したドライブ回路としてB電源の回路をシンプルにしています、しかもこのドライブ方式は私好みな音がするので
一石二鳥のとても美味しいドライブ回路なのです。



ドライブ段のB電源と出力段のスクリーン電源は反対側のプレート回路に接続するマッキントッシュタイプのドライブ方式。

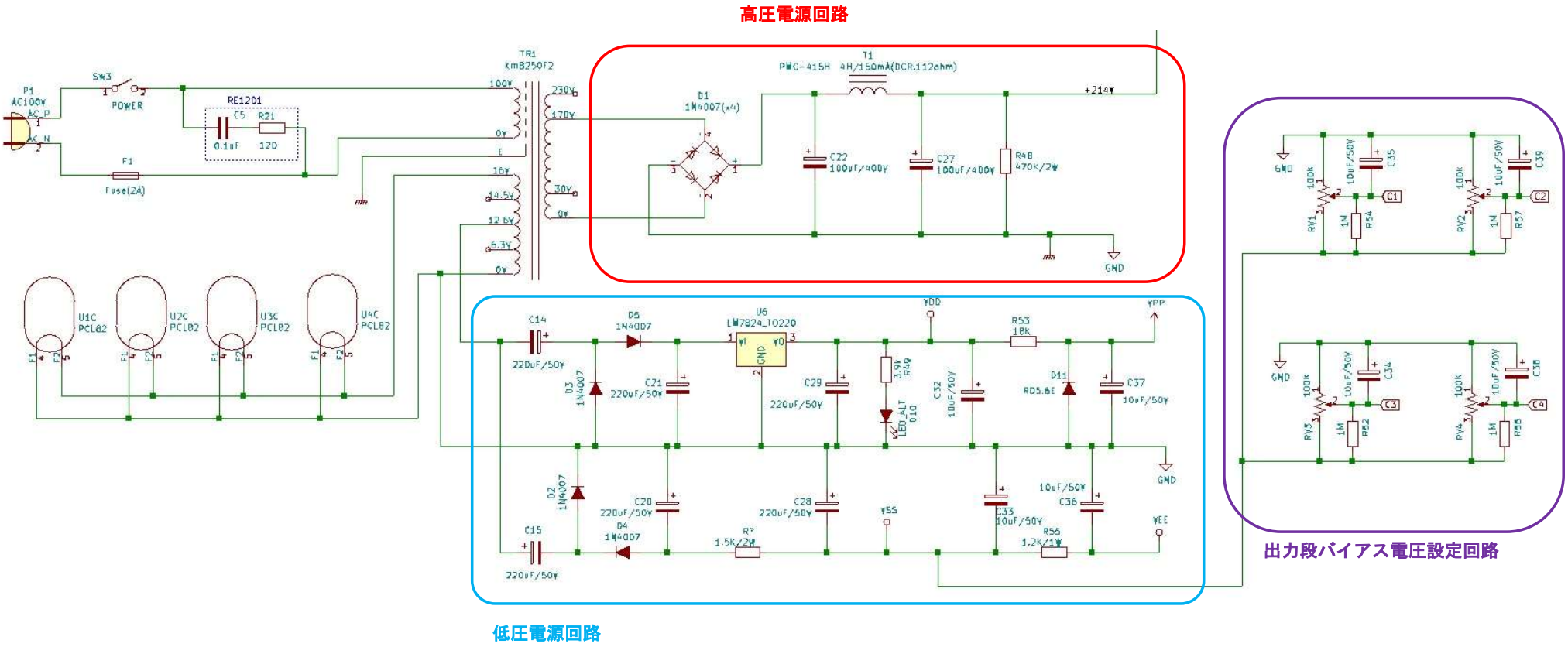
3. アンプ回路

このアンプに使用したCSPP専用トランスはARITO’s AudioLab製の2K7Wで出力容量７Wと小さいのですがとても素直な特性で小型のCSPP方式のアンプ製作に最適です、アンプ回路もその素直な特性を生かせる様な回路構成としました、入力段は2SK208の差動アンプを２SC2712のカスコードで受けPCL82の三極部の差動ドライブ段を直接駆動しています、ドライブ段はブートストラップを利用して十分な駆動電圧と電圧ゲインを得ています、 PCL82の5極部のCSPP出力段のスクリーン電圧をツェナーダイオードで下げて出力段のバイアス電圧を下げ動作点の最適化を行っています。



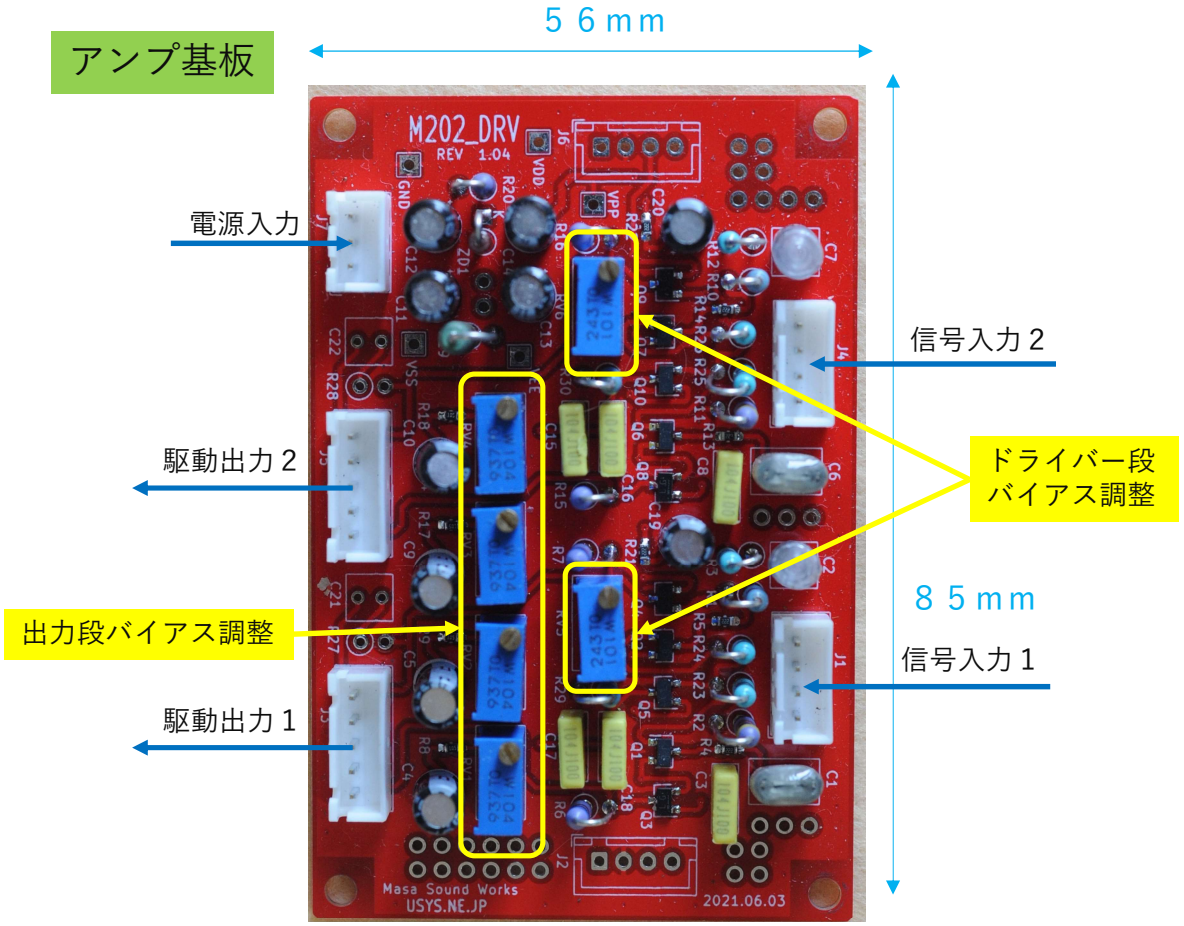
ドライブ段のゲインは計算上の約2倍となっていますが、出力段のクロスP-G帰還でドライブ段のプレート電圧が引っ張り上げられた結果ゲインが上がる感じになります。

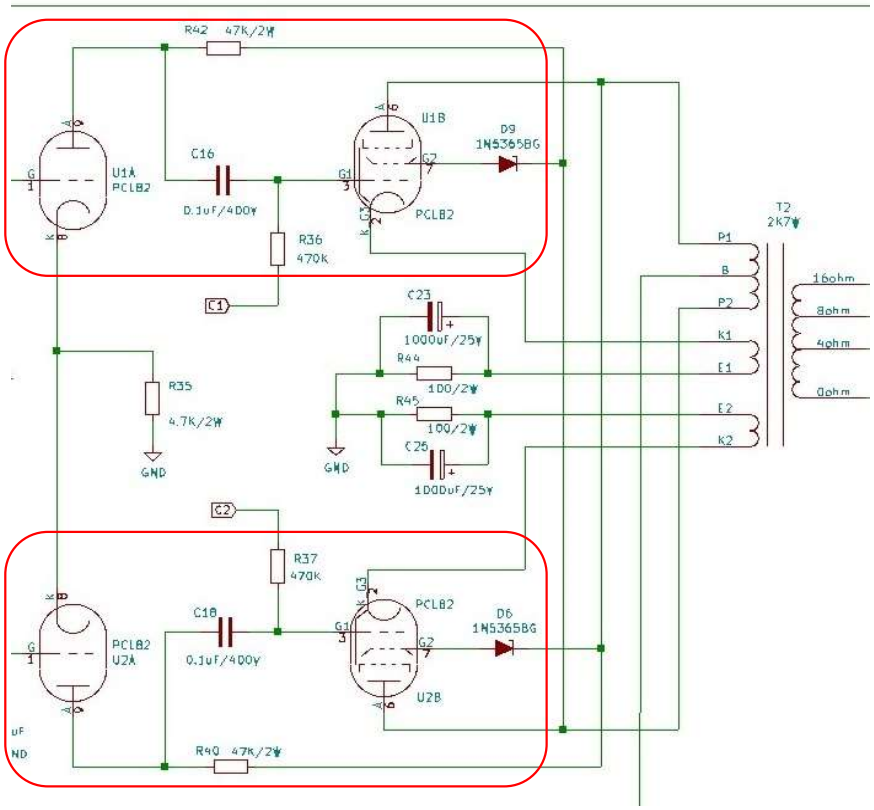
高圧電源回路はブリッジダイオード整流＋チョークコイルを使用した電源フィルターの一般的な＋B電源です、低圧電源回路は入力段差動アンプ用の+24V,+5.6V,-8Vと出力段のバイアス電圧用-18Vを作成します、出力段のバイアス電圧設定回路はバイアスのバラつきが大きい球に対応し易い個別設定方式としました。



4. アンプ基板

アンプ基板は入力段の差動アンプと出力管のバイアス回路を実装していますので、出力段周りの部品を実装するだけで
CSPPアンプが構成できます。

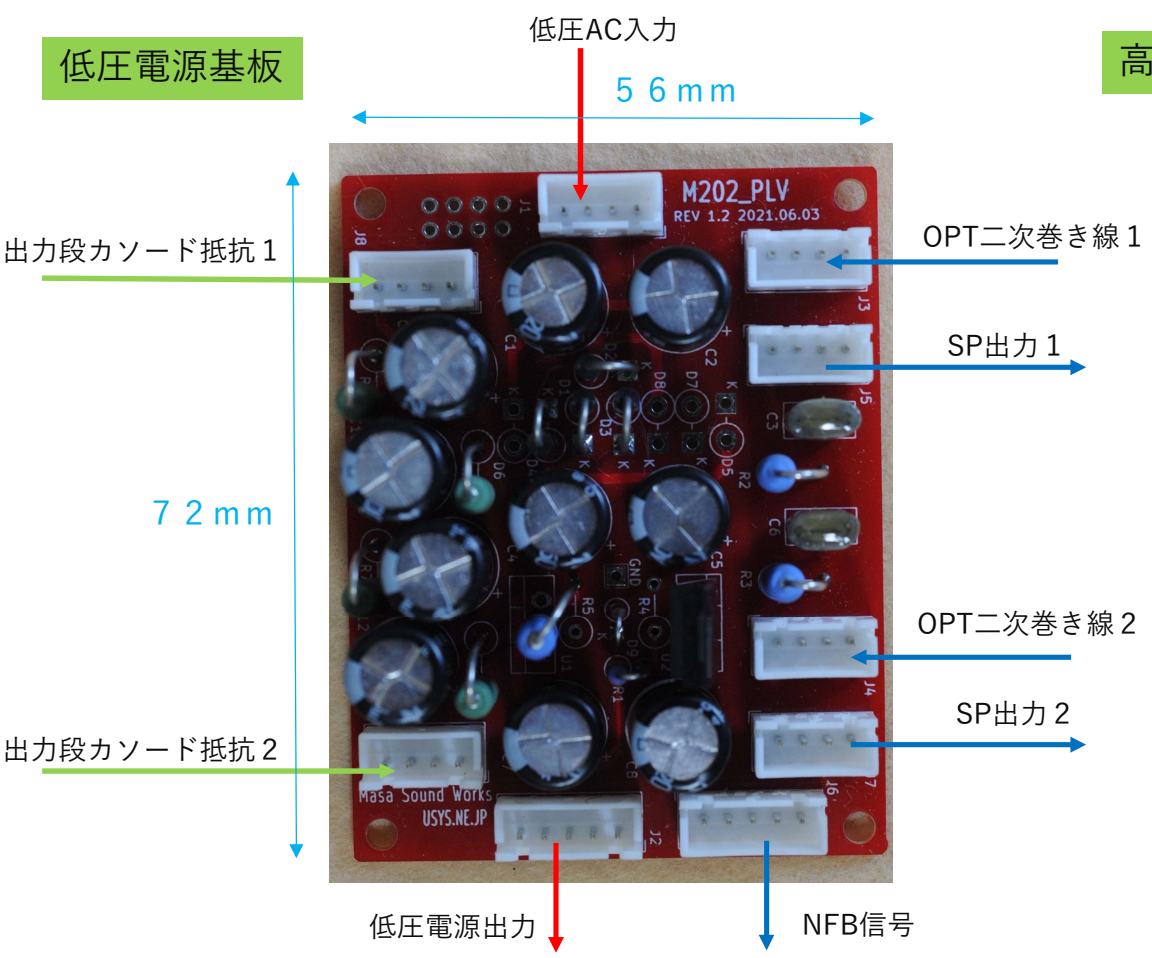


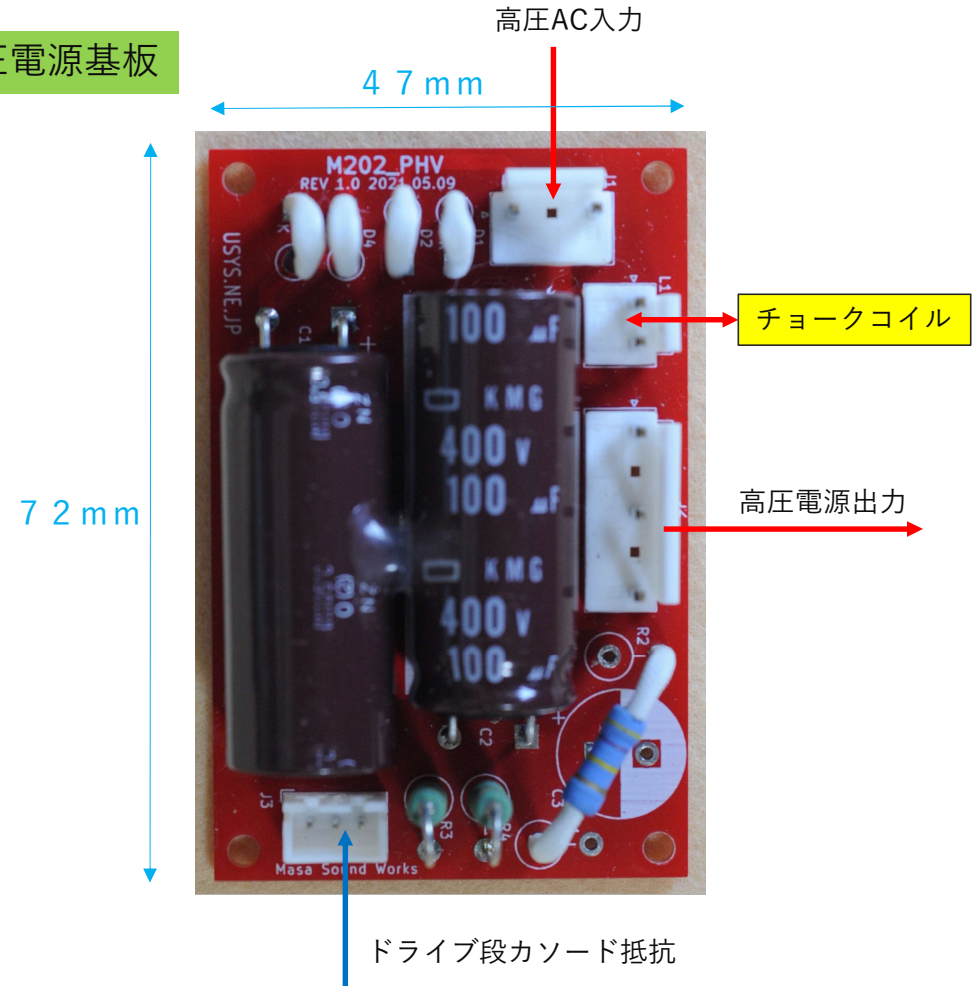


赤で囲った以外の部品は、ほとんど基板に実装されています。

5. 電源基板

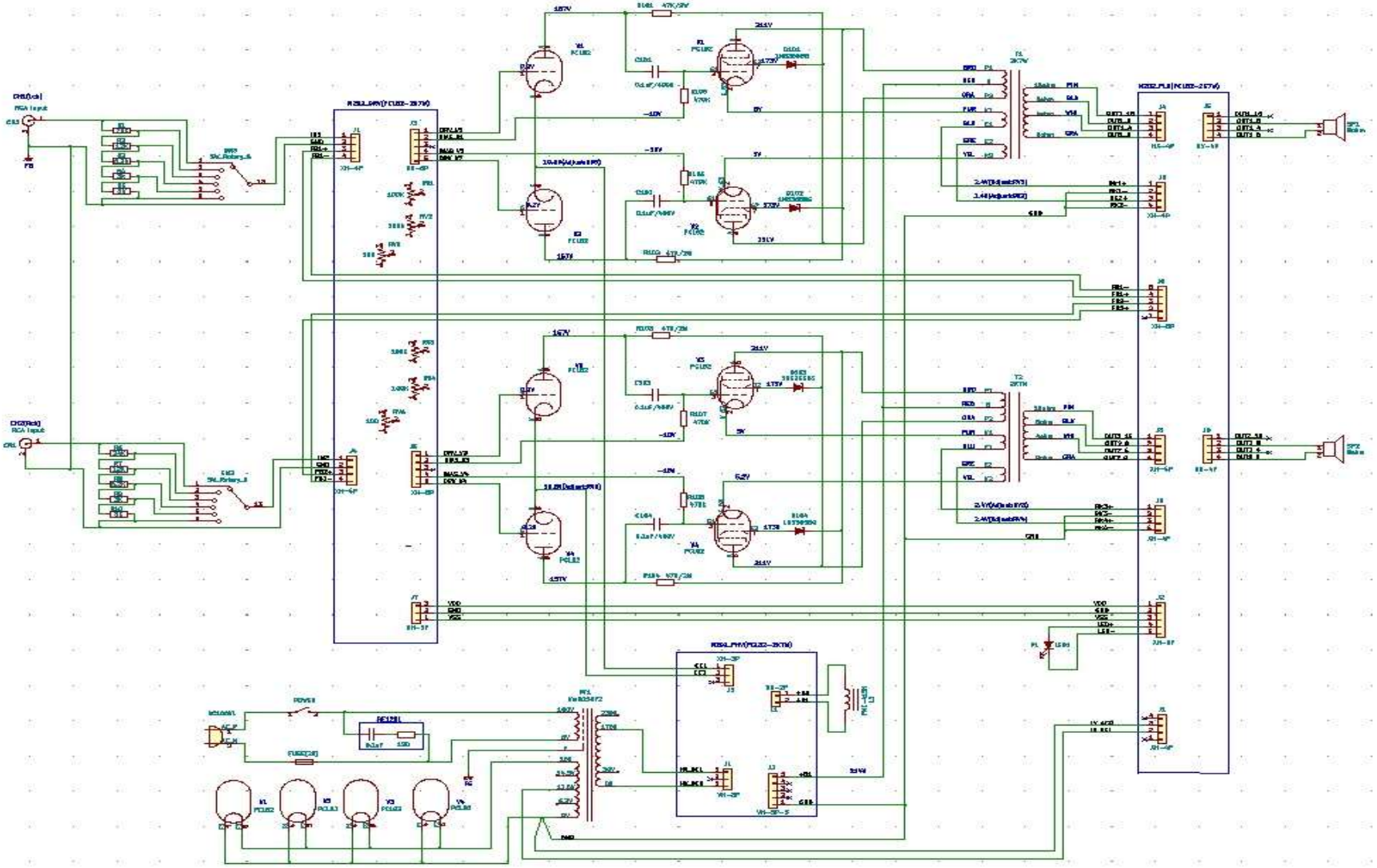
電源基板はB電源用の高圧電源基板とアンプ基板用の低圧電源基板の二枚で構成されます、低圧電源基板には出力段のカソード抵抗とＺｏｂｅｌ素子も実装されます、高圧電源基板は電源トランスとチョークコイルを基板に接続するだけでB電源回路が構成でき　ます、また、ドライブ段のカソード抵抗は高圧電源基板に実装されています　。





6.配線図・部品表

　　アンプ回路と電源回路を基板化したので、CSPPアンプにしては配線量が少ないと思います、また基板を一つの部品と考えると部品数もかなり少ないです。



主要部品

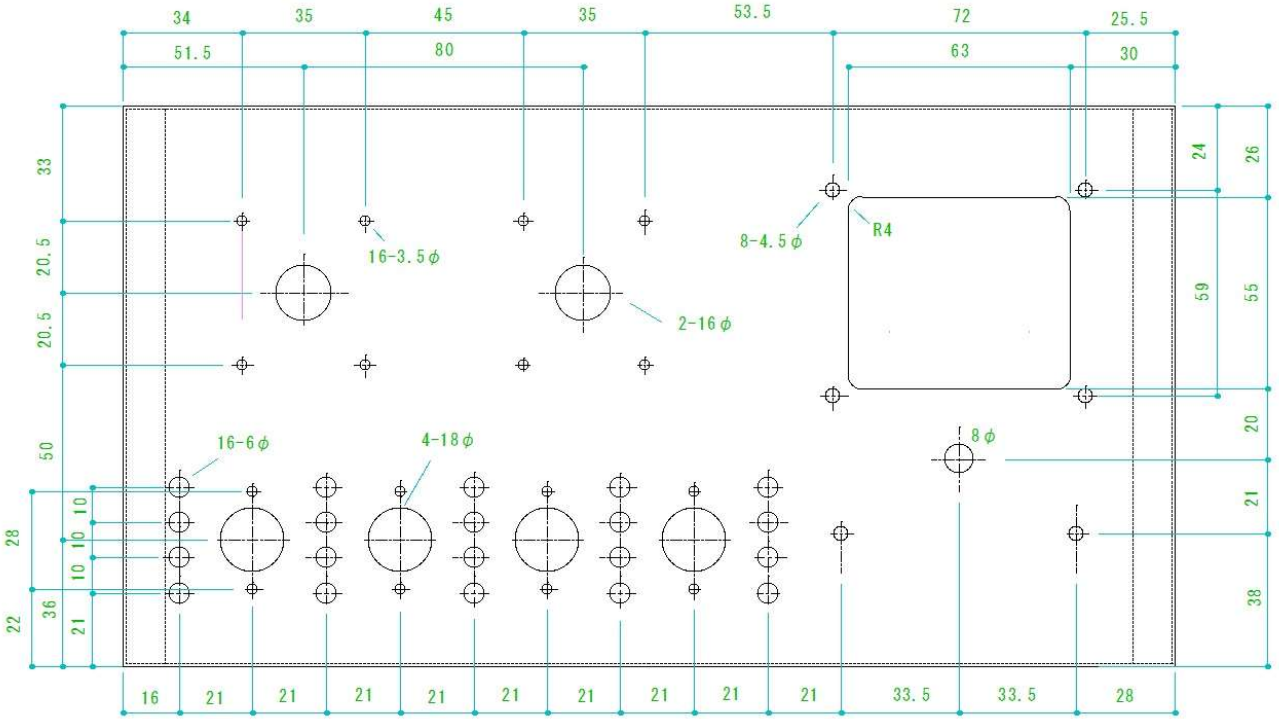
1.	電源トランス	Kmb250F2	1個	春日無線	
2.	出力トランス	2K7W	2個	ARITO'S Audio Lab	
3.	チョークコイル	PMC-415H	1個	ゼネラルトランス	
4.	アンプ基板	M202-DRV-82	1個	Masa特製	PCL82 CSPPアンプ専用
5.	高圧電源基板	M202-PHV-82	1個	Masa特製	PCL82 CSPPアンプ専用
6.	低圧電源基板	M202-PLV-82	1個	Masa特製	PCL82 CSPPアンプ専用
7.	真空管	PCL82	4個	ヤフオク	
8.	ケース	MK300	1個	リード	
9.	ACインレット	AC-P01CF01	1個	エコー電子	
10.	ヒューズホルダ	FH043A	1個	エコー電子	
11.	ヒューズ	FGMB250V2A	1個	富士端子	
12.	電源スイッチ	DS-850K-S-LG	1個	ミヤマ電気	
13.	MT9Pソケット	S9-241B-00	4個	QQQ	
14.	RCA端子	C60/W(R)	2個	TOMOCA	
15.	SP端子	SP-359	2個	TOMOCA	
16.	ラグ端子	L-3552-4P	8個	サトーパーツ	
17.	ロータリースイッチ	M26	1個	アルプス電気	入力ATT用
18.	酸金抵抗	RLF2SJ 47KΩ	4個	タクマン	
19.	金被抵抗	RLC25FX 470KΩ	4個	タクマン	
20.	金被抵抗	RLC25SFY 24KΩ	2個	タクマン	入力ATT用
21.	金被抵抗	RLC25SFY 12KΩ	2個	タクマン	入力ATT用
22.	金被抵抗	RLC25SFY 6.2KΩ	2個	タクマン	入力ATT用
23.	金被抵抗	RLC25SFY 3KΩ	4個	タクマン	入力ATT用
24.	フィルムコンデンサー	630MPS104	4個	ルビコン	0.1uF/630V
25.	スパークキラー	S1201	1個	岡谷電機産業	0.1uF+120Ω

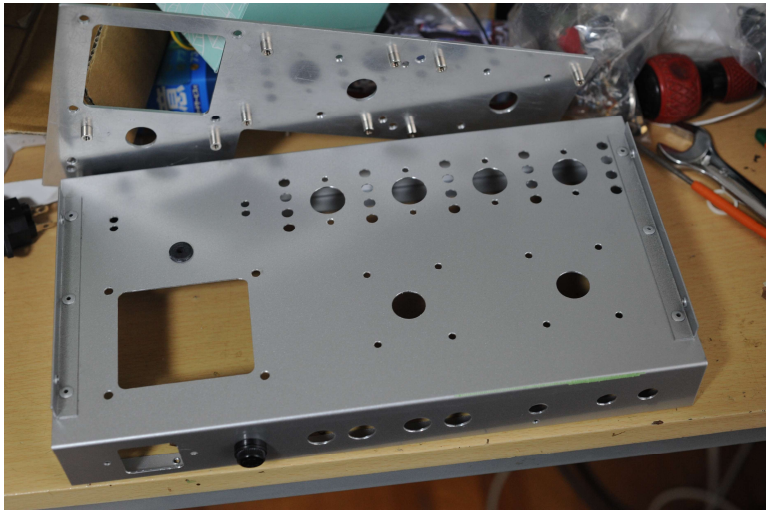
入力ATTは東京光音の2CP601Sの50K-Logカーブが理想なのですが納期が1.5ケ月なので、今回はロータリーSWでATTを作成しました。

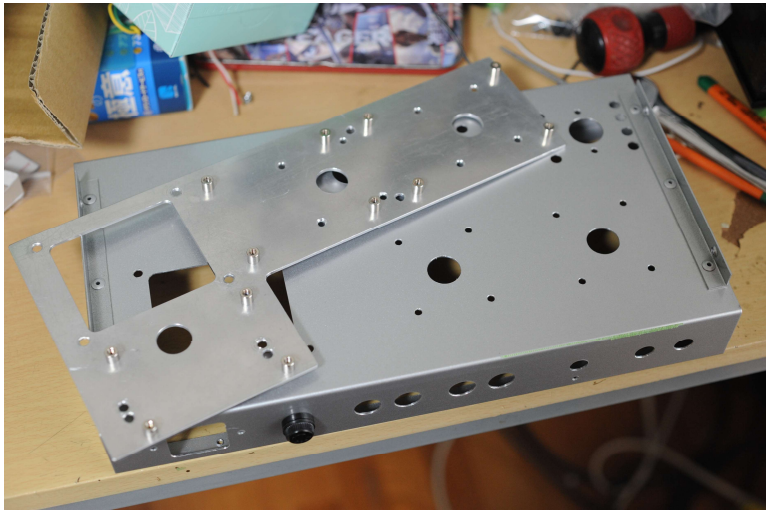
7.ケース加工・組み立て

ケースはLEAD製のMK-300を利用しています、ケースの板厚が１ｍｍと薄いのでトランスの取り付け部には２ｍｍのアルミ板で補強しています。

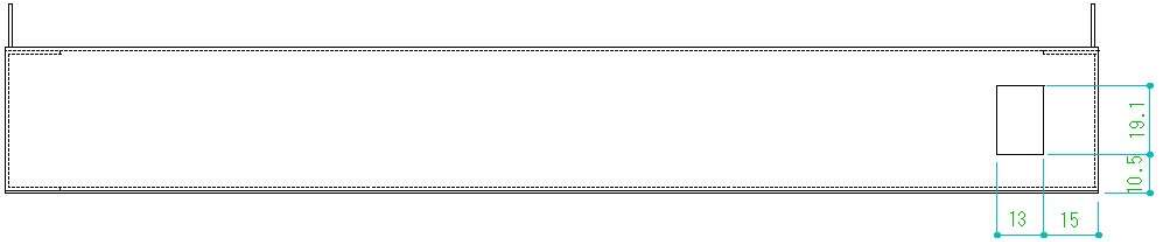
ケース穴加工図。



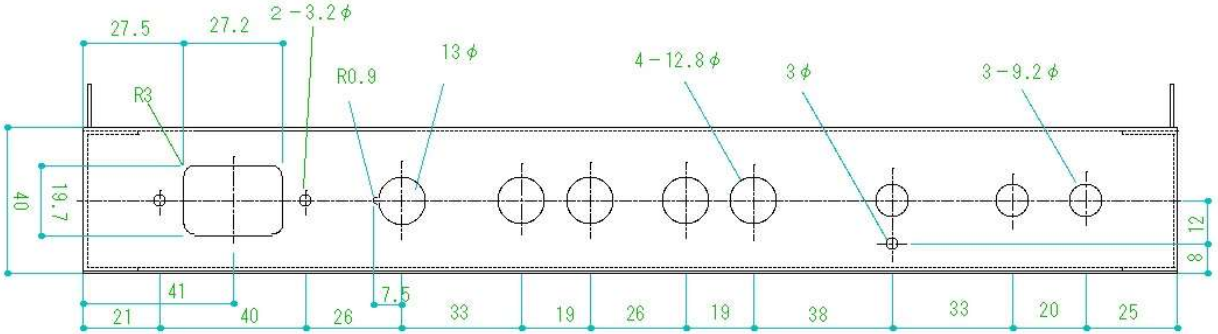


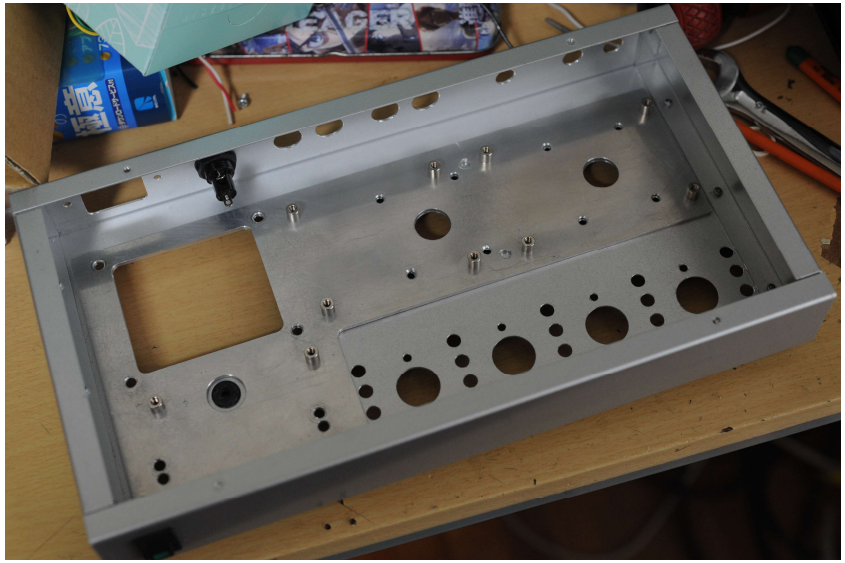


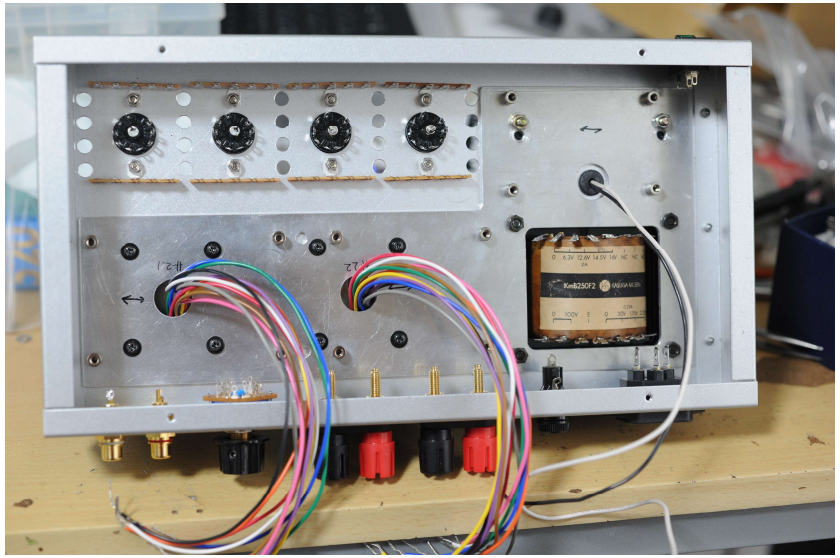
フロント穴加工図。



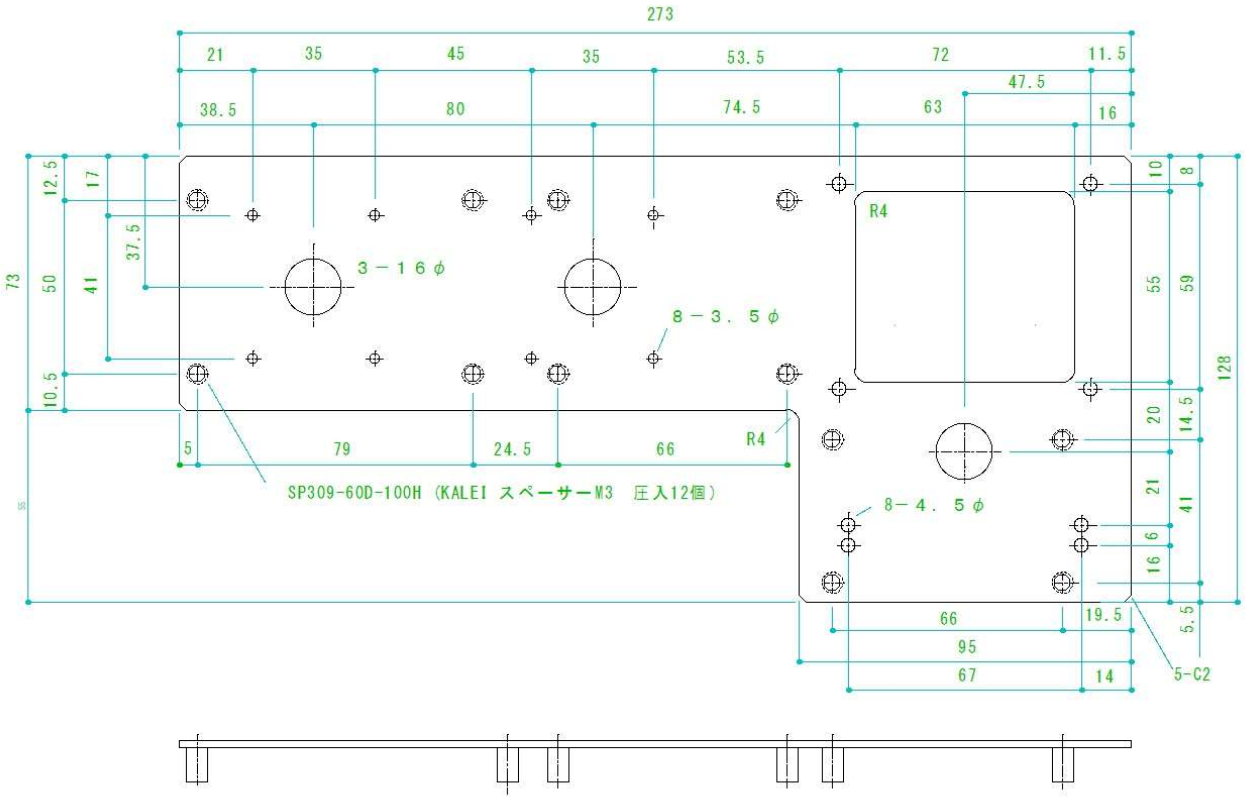
リア穴加工図。

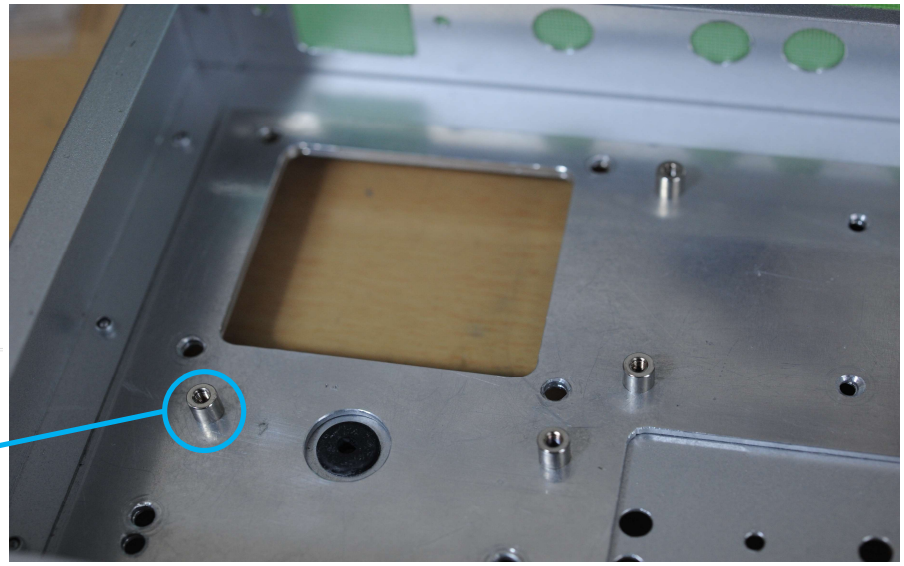






補強板加工図

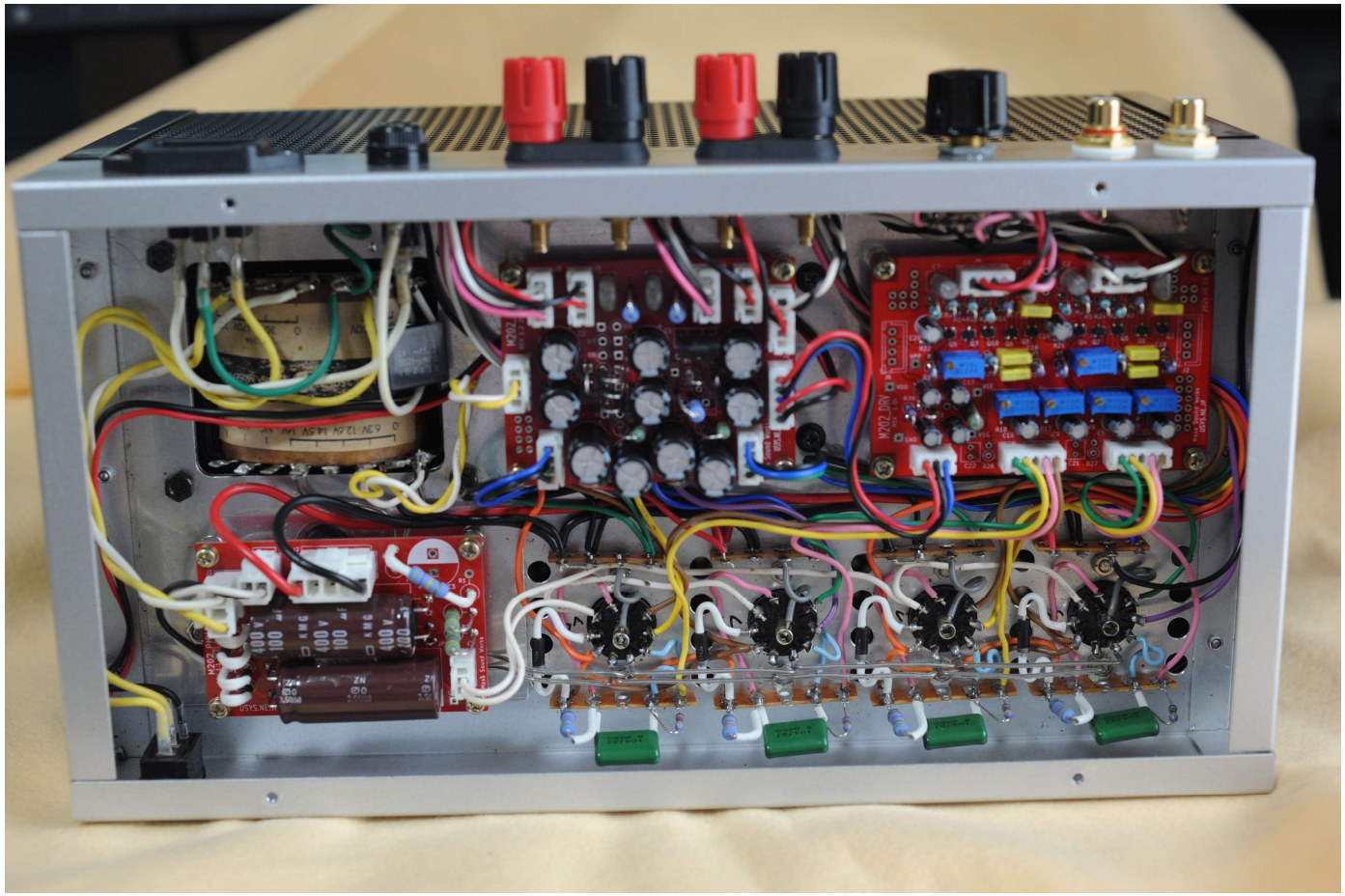




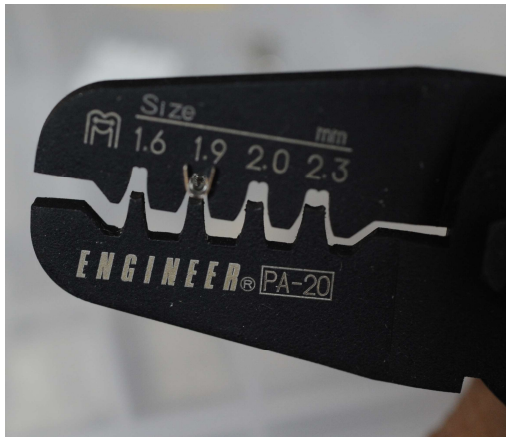
補強板に基板固定用のスペーサーを圧入する事で、
ケース上部にビスの頭が出ないようにしました。

8. 配線

本アンプでは基板との信号接続はすべてコネクターを利用しているので圧着で配線を行います、
圧着は専用工具が必要ですが製作後のメンテナンス性が飛躍的に向上するのお勧めです、基板以外の
信号接続は半田付けで行っています。

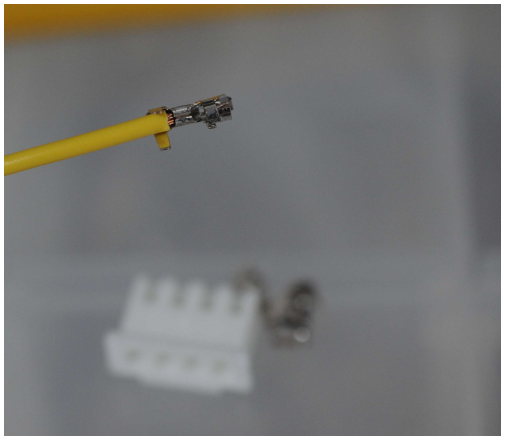


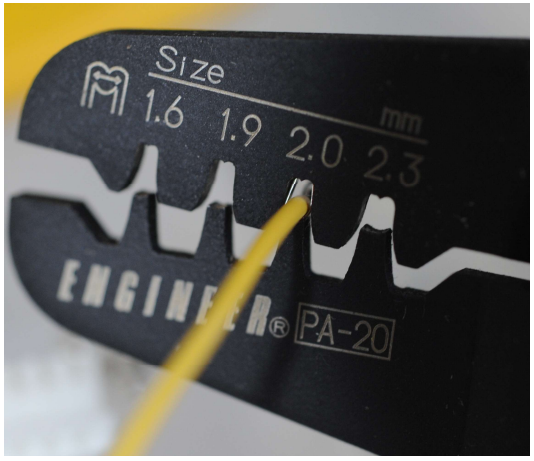
コネクターは日圧のXHコネクタとVHコネクタを使用しています、メーカーの純正圧着工具は非常に高価（数万円～）なのですが、
日本の工具メーカー製の汎用圧着工具は安くて（数千円）実用的なので趣味のアンプ作りにピッタリです。



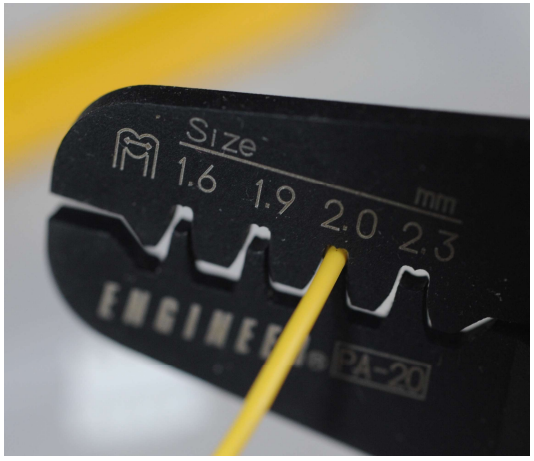
端子を心線のカシメ位置にセット

ケーブルをセットして心線部をカシメます

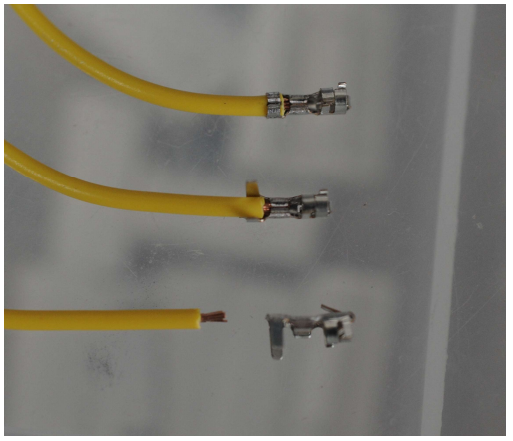

心線をカシメた状態



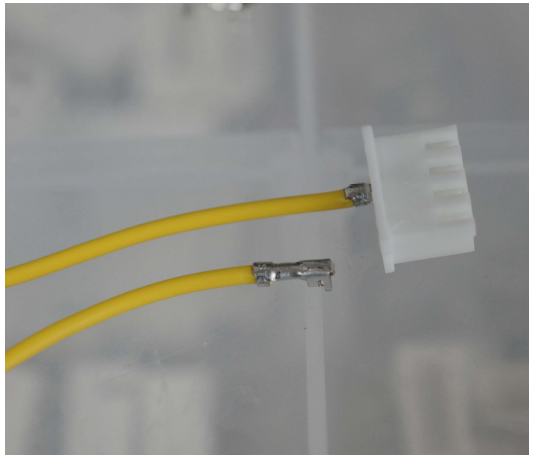
被覆のカシメ位置にセット



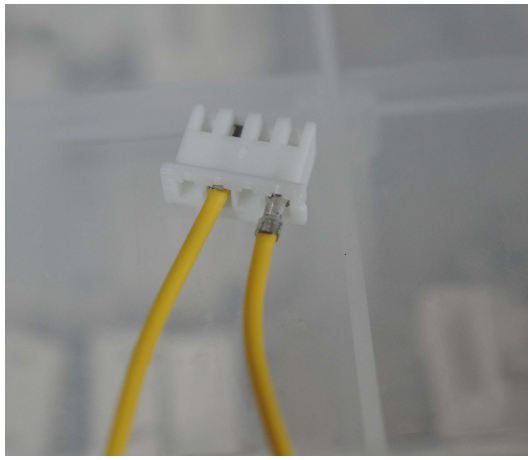
被覆をカシメます


XHコネクタに0.3mm2ケーブルの圧着状態、
この工具でVHコネクタも圧着可能です

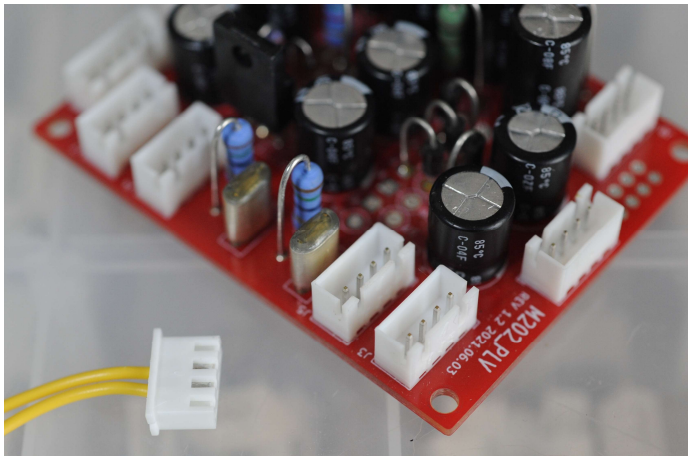
ケーブルと端子を圧着したら、ハウジングにケーブルを挿入してから基板に取り付けるだけで接続完了～コネクタ接続なら 簡単に基板を外してメンテナンスが可能なのです、もしも半田付けで接続したら数十本の半田付けを行う必要があるのと基板のパターンを破壊する可能性も高いのでお勧めできません。



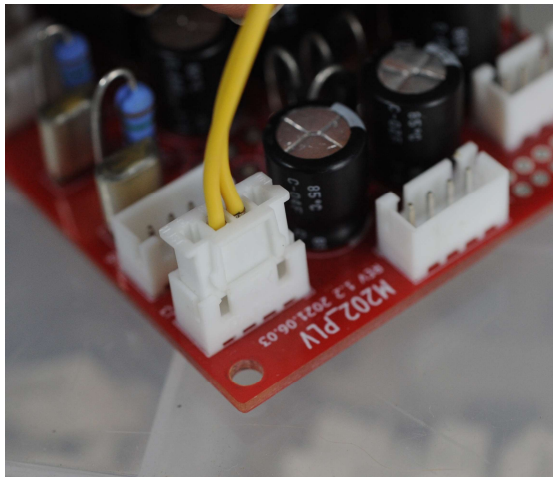
圧着したケーブルをハウジングに



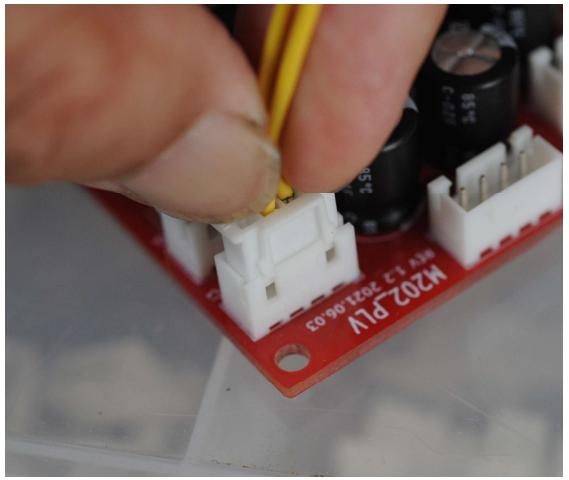
位置と向きを確認して押し込むとロックされます



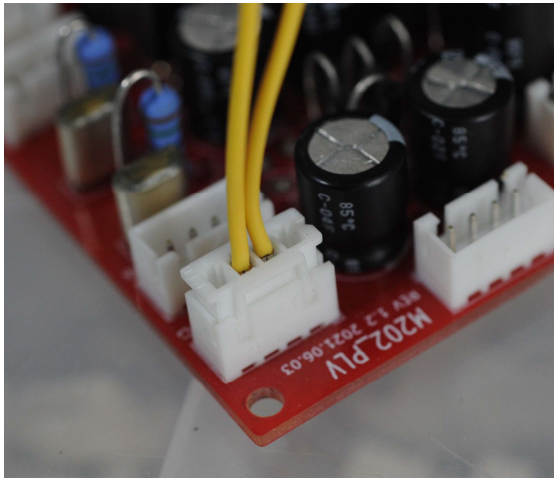
あとはケーブルを基板に刺すだけ



向きを合わせ

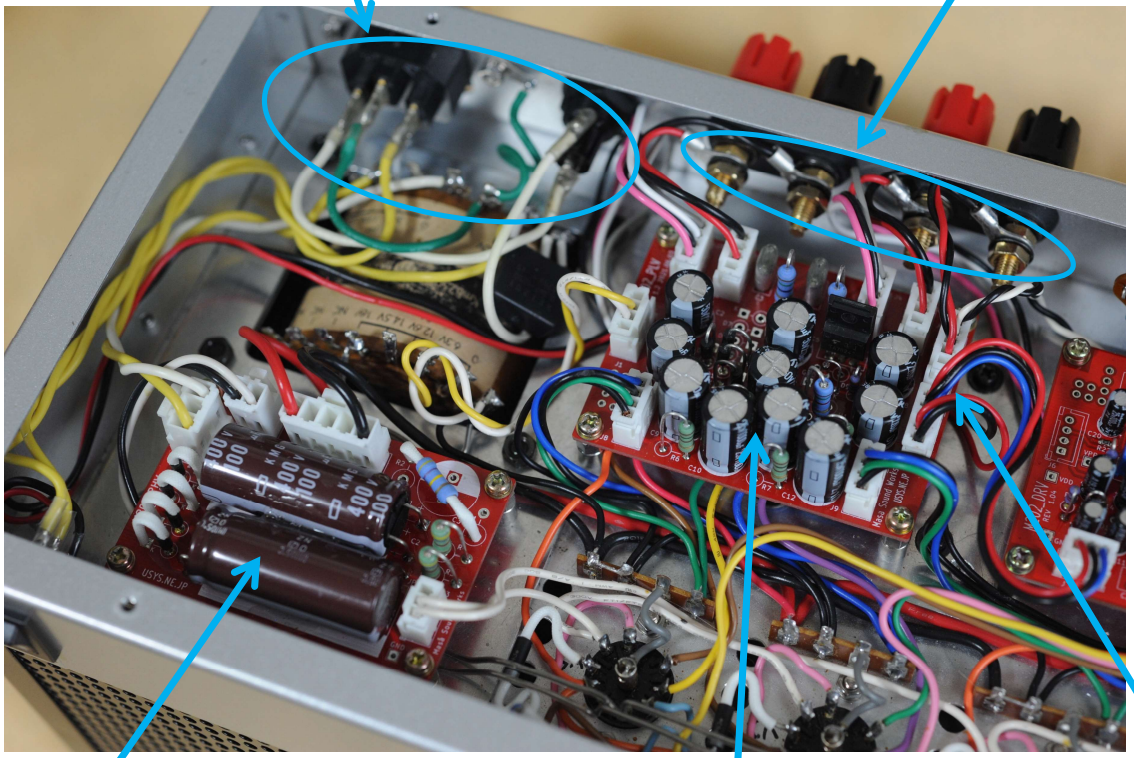


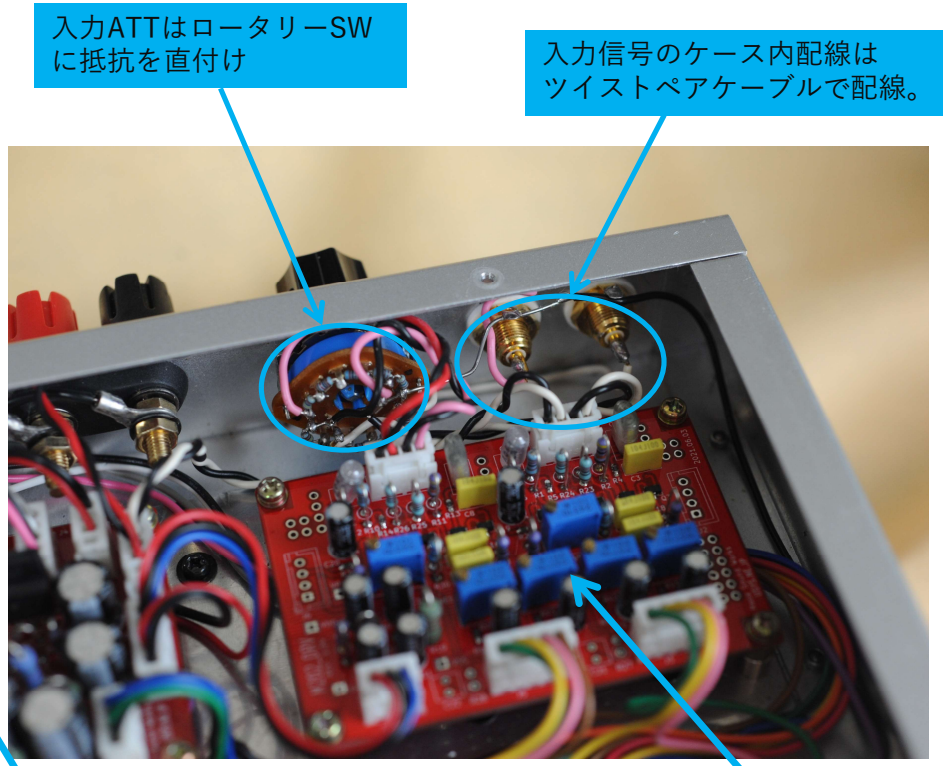
押し込むだけで

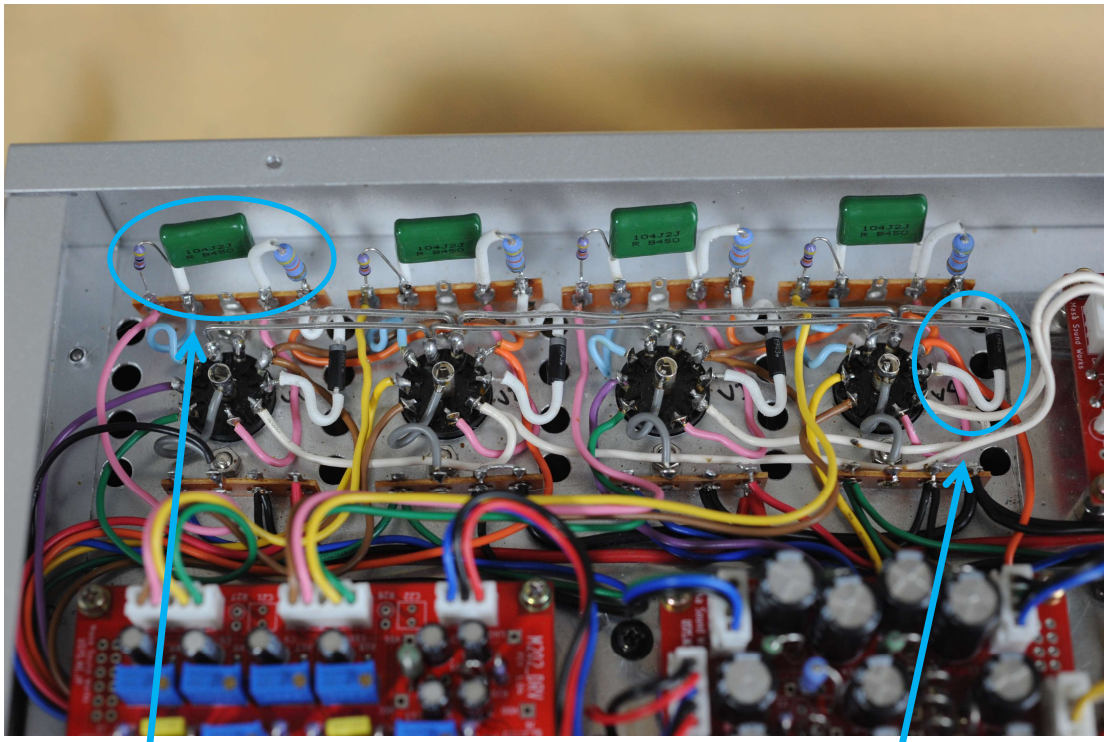


接続完了

配線の太さはアンプの規模と配線のやり易さから、ＡＣ電源やB電源は0.5スケアを使用、ヒーター回路は0.8φのテフロン単線を使用、
その他で0.3スケアで配線しています、入力の信号は0.3スケアのツイストペアケーブル（2本を撚った物）を使用しています。



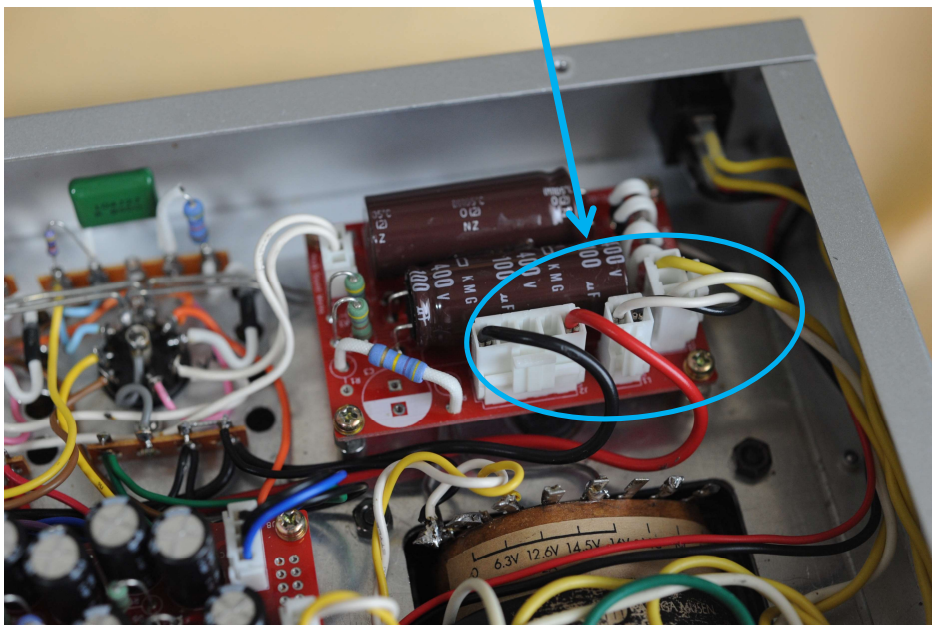




ドライブ段負荷抵抗と結合コンデンサー及び出力段グリッドバイアス抵抗

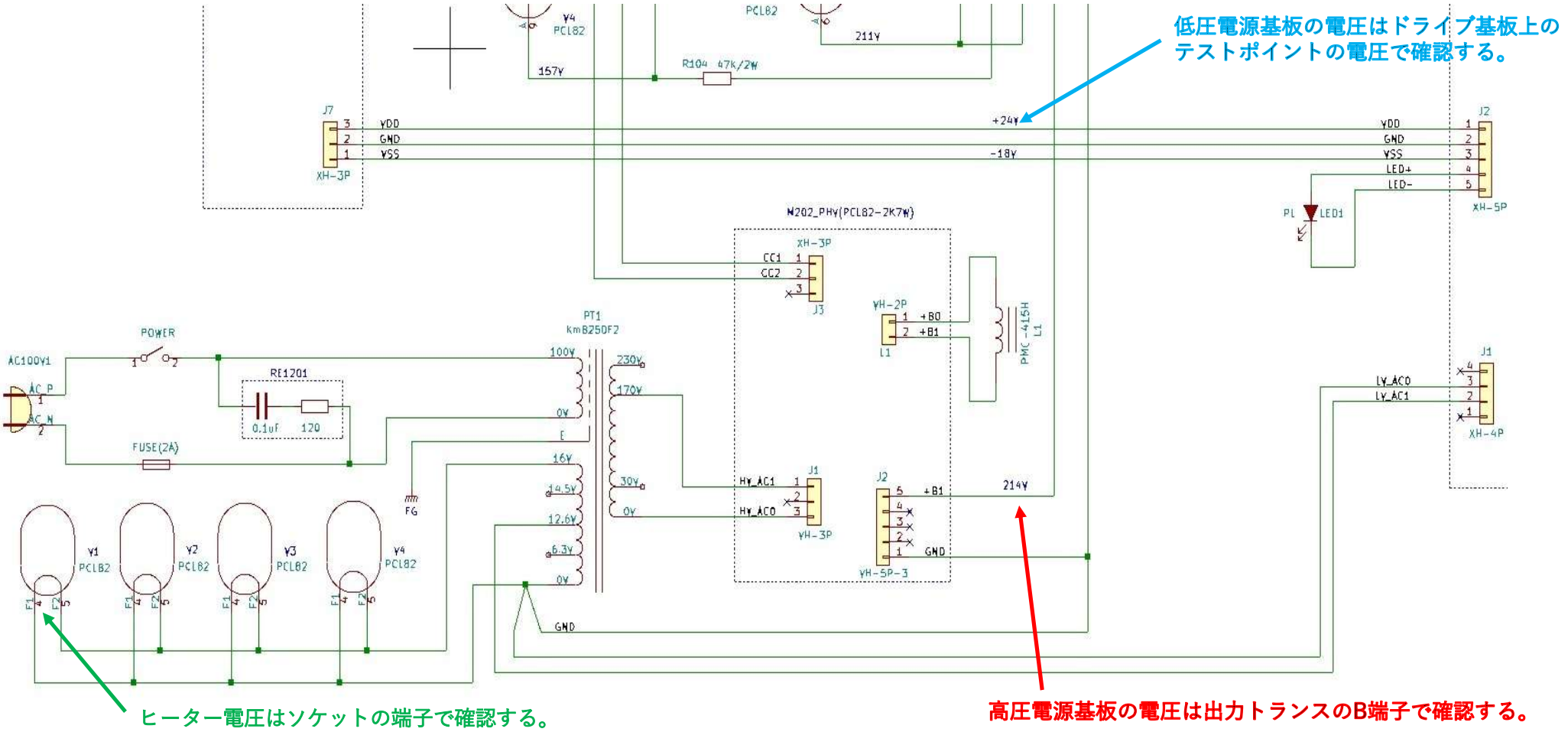
放熱対策でツェナーダイオードのリード線はカットしないで通風穴の近くに配置。

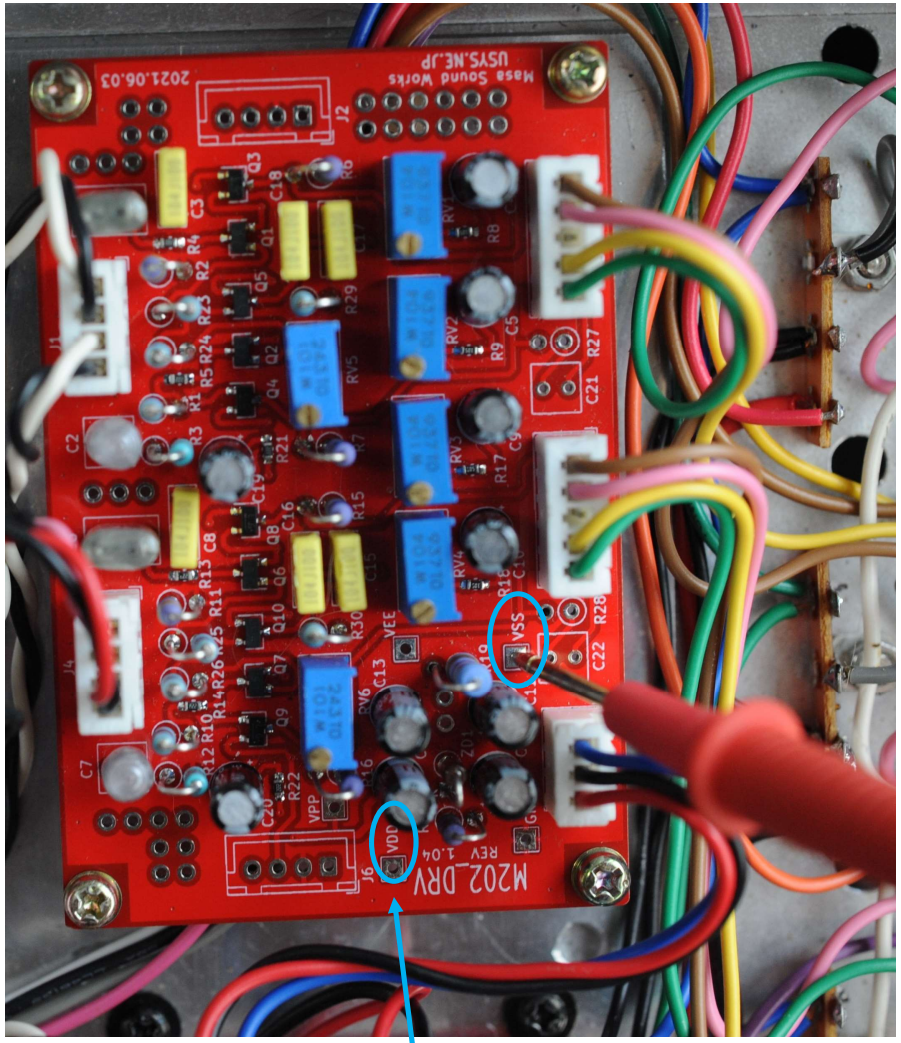
B電源周りの配線は0.5スケアケーブルで配線（コネクタはVH）



9. 電圧確認・バイアス調整

配線の確認後にアンプの電源基板の出力電圧確認を行い、その後バイアス調整を行います。



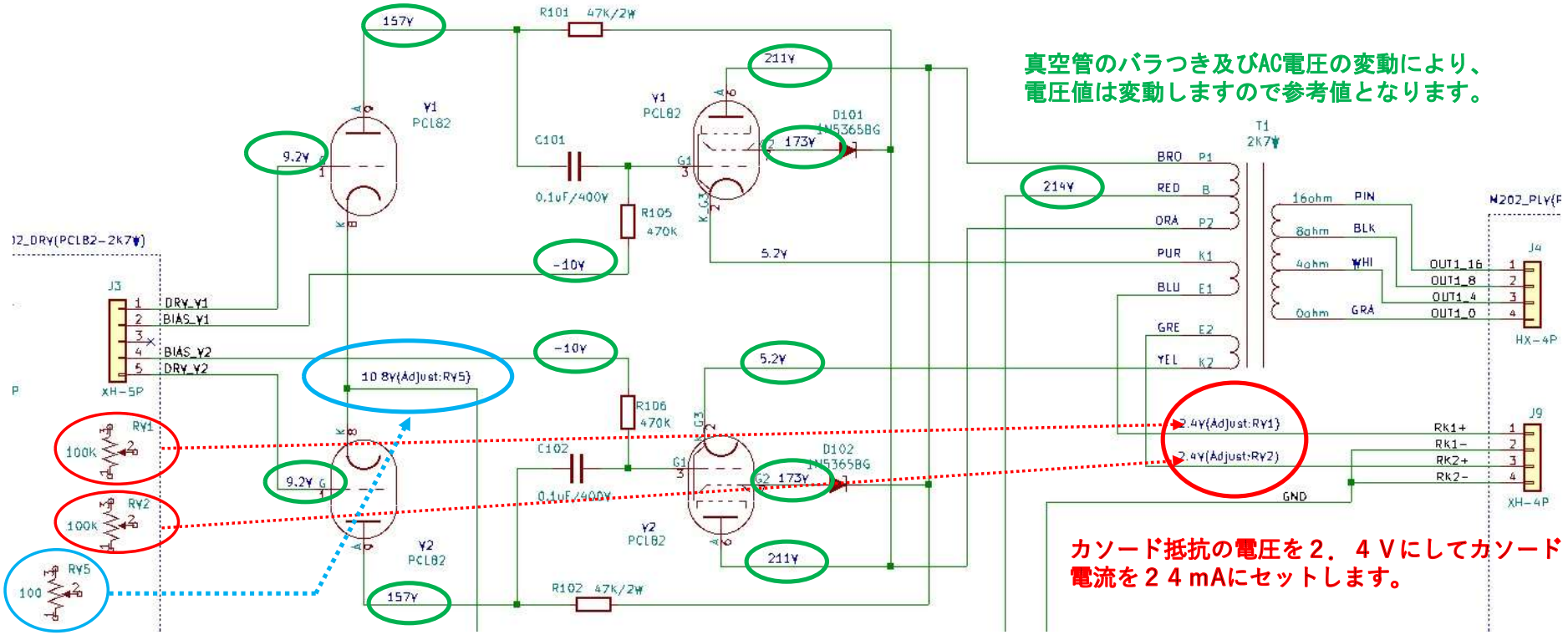


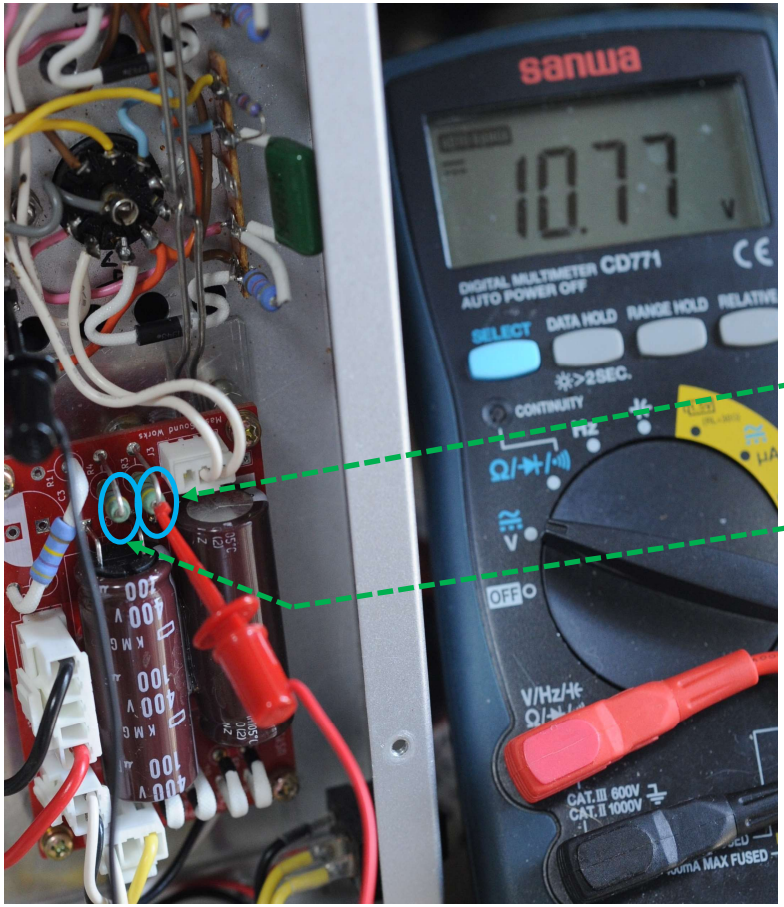
ドライブ基板の電源電圧測定ポイントは基板上のVSSとVDDのテストポイントで行います。

B電圧の測定ポイントは出力トランスのB端子で行います。

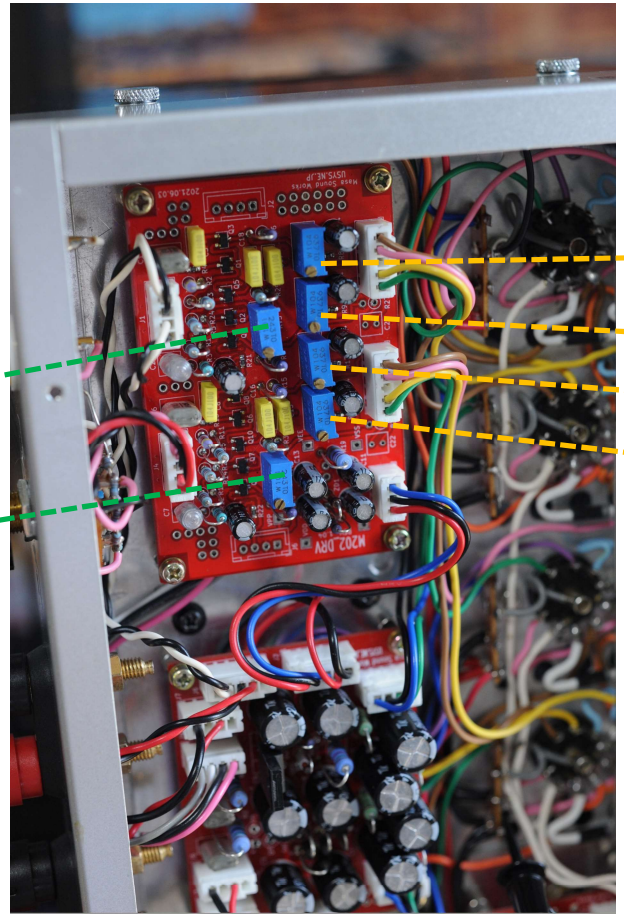
9. 電圧確認・バイアス調整

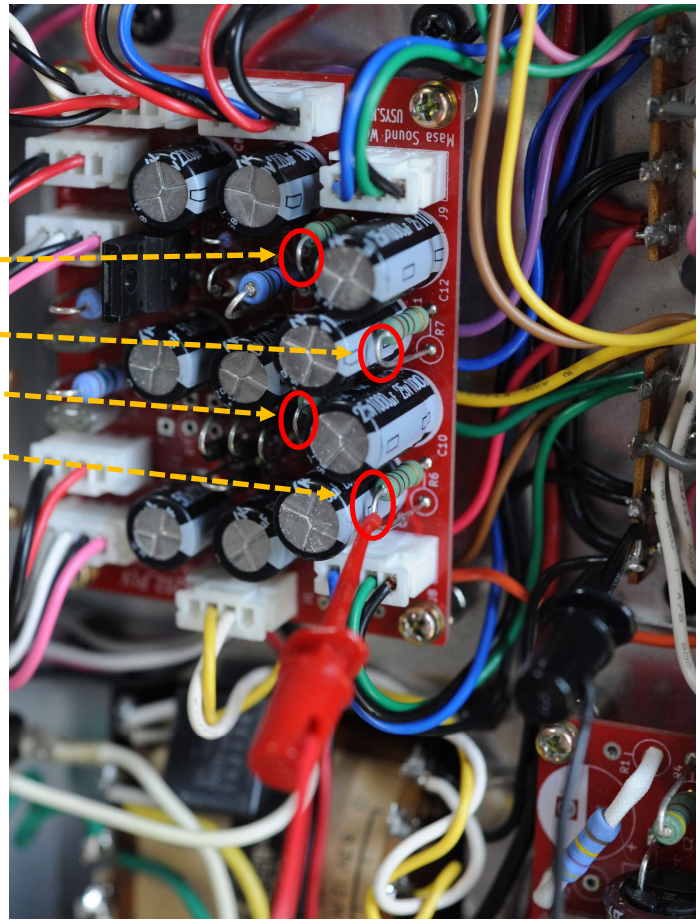
アンプ基板にはドライブ段のバイアス調整と出力段のバイアス調整する多回転トリマーを実装して、真空管に対して個別にバイアス調整が可能となっています、バイアス調整終了後には各部の電圧を確認します。





ドライブ段測定ポイント

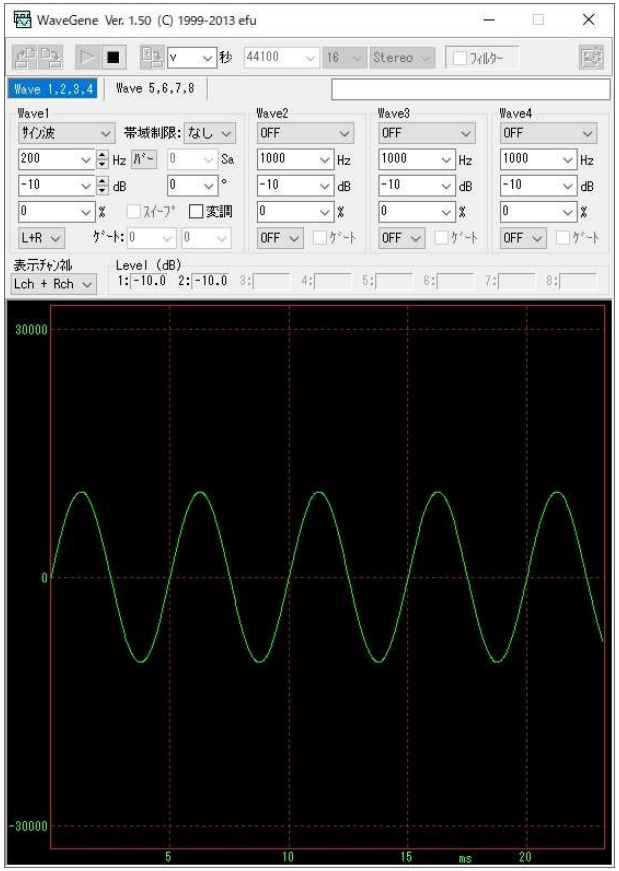




出力段測定ポイント

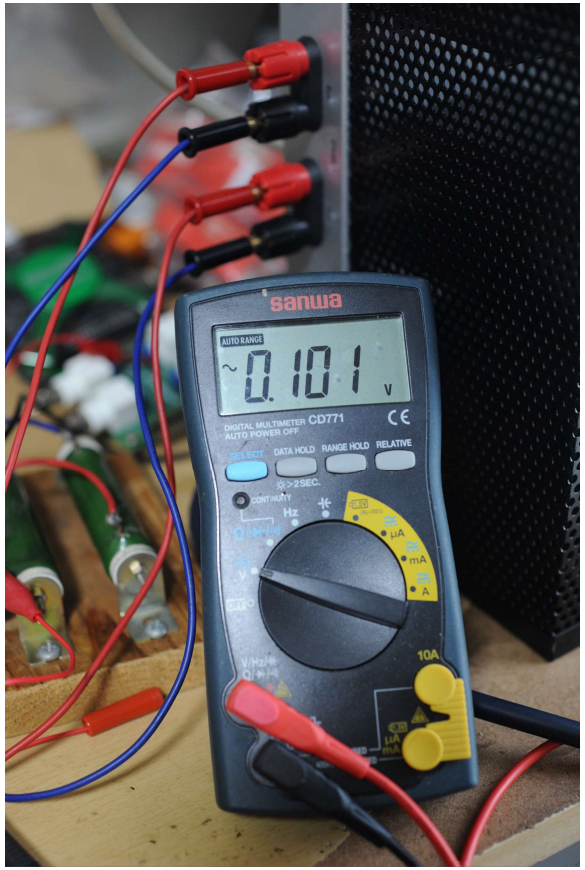
10. 動作確認・特性測定

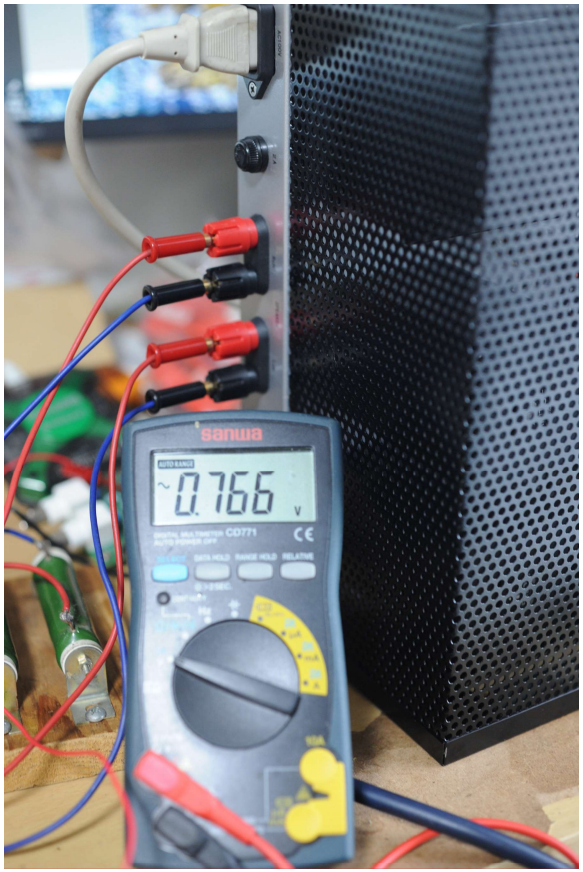
　　各部の電圧確認後に、テスターのＡＣ電圧レンジで測れる低い周波数(200HZ)の信号をＰＣで発生させて、アンプの入力端子に接続して、出力電圧をテスターで測定して動作確認するのが確実なのですが、スピーカーを接続して入力端子に指を触てハム音で確認する古典的な手法が簡単なのでついついやってしまいます、その後に特性測定を行います。



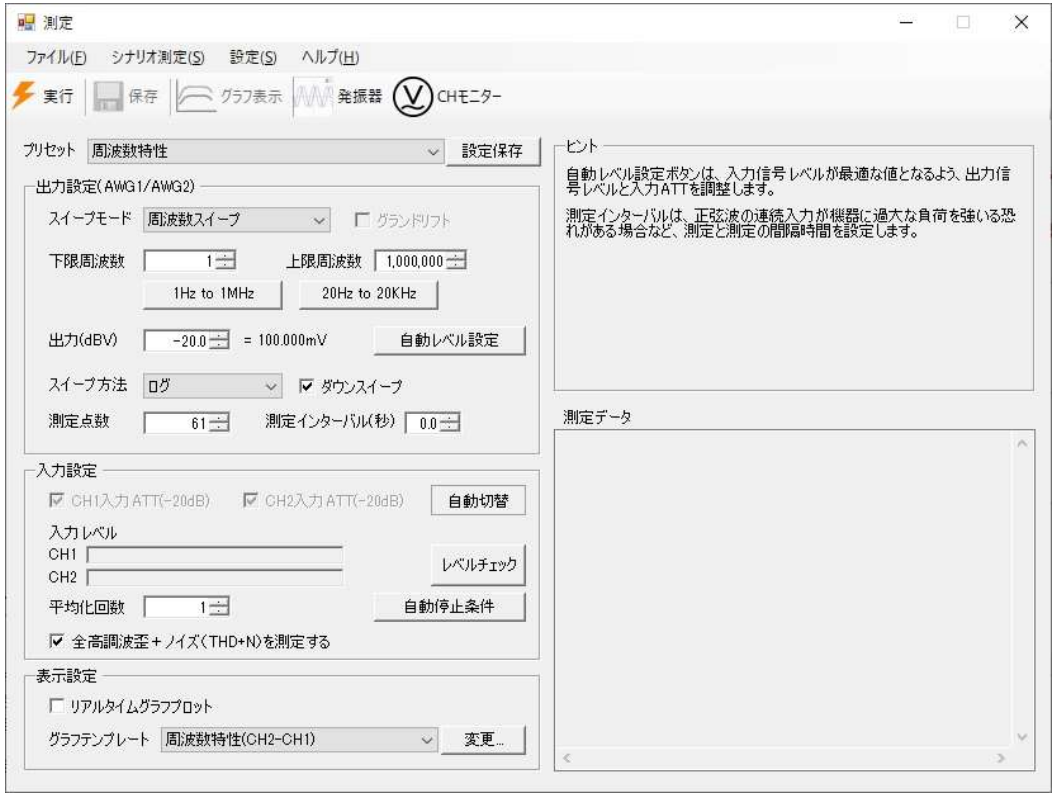
PCで信号発生と言えばWaveGeneですね、PCに繋いだDACが簡単に発振器になります。

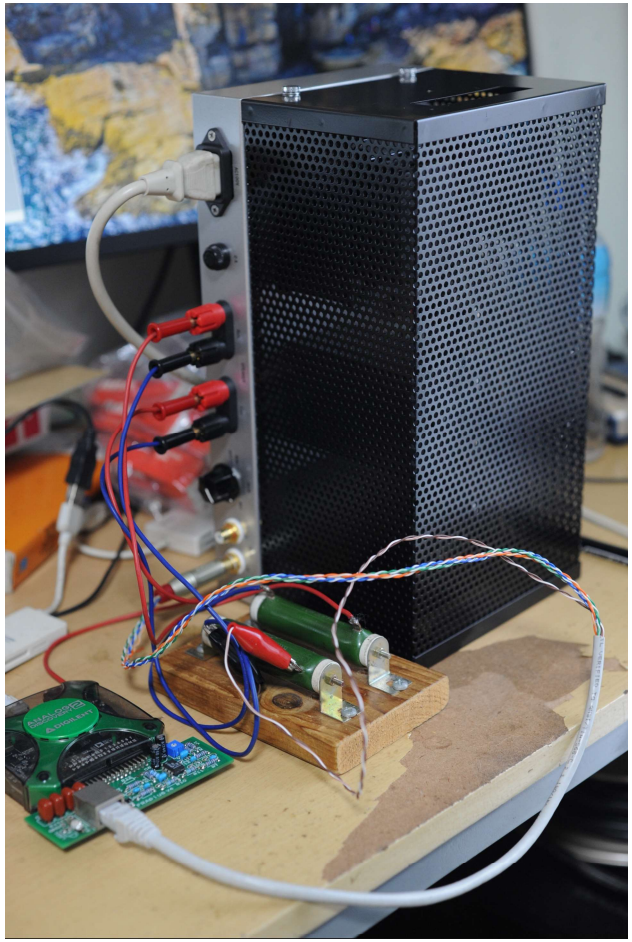
入力端子の電圧＝１０１ｍVとスピーカー端子の電圧＝７６６ｍVからアンプの電圧ゲインは約１７．６ｄB(20*log(766/101))となります、このテスターのAC電圧測定は４００ＨＺまで対応しているのですが２００ＨＺで測定しました。





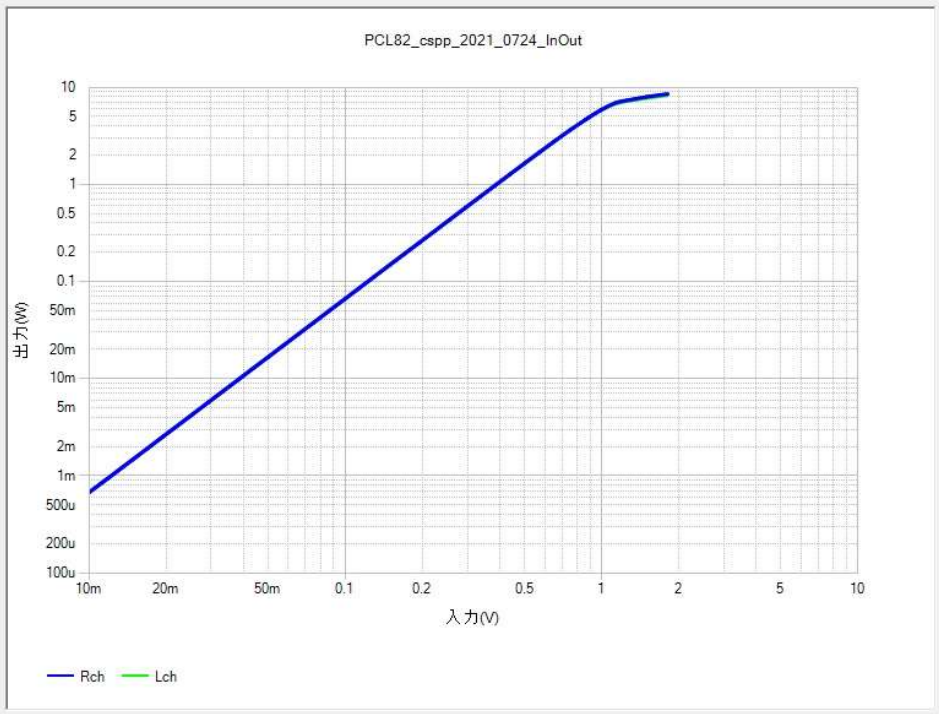
特性測定はFRAplusで行います、FRAPlusはmiya氏が開発したPCのソフトで、汎用のアナログ回路万能測定ツールのアナログ・デイスカバリーと組み合わせる事でオーデイオ特性測定を全自動で行う事が出来るとっても便利なソフトです。





PCとUSB接続したアナログ・ディスカバリー２にARITO氏が開発した信号処理基板と専用ケーブル＋ダミロードとアンプを接続して測定しました。

入出力特性



測定条件(Rch)

測定日時: 2021年07月24日 14時03分23秒～14時03分47秒

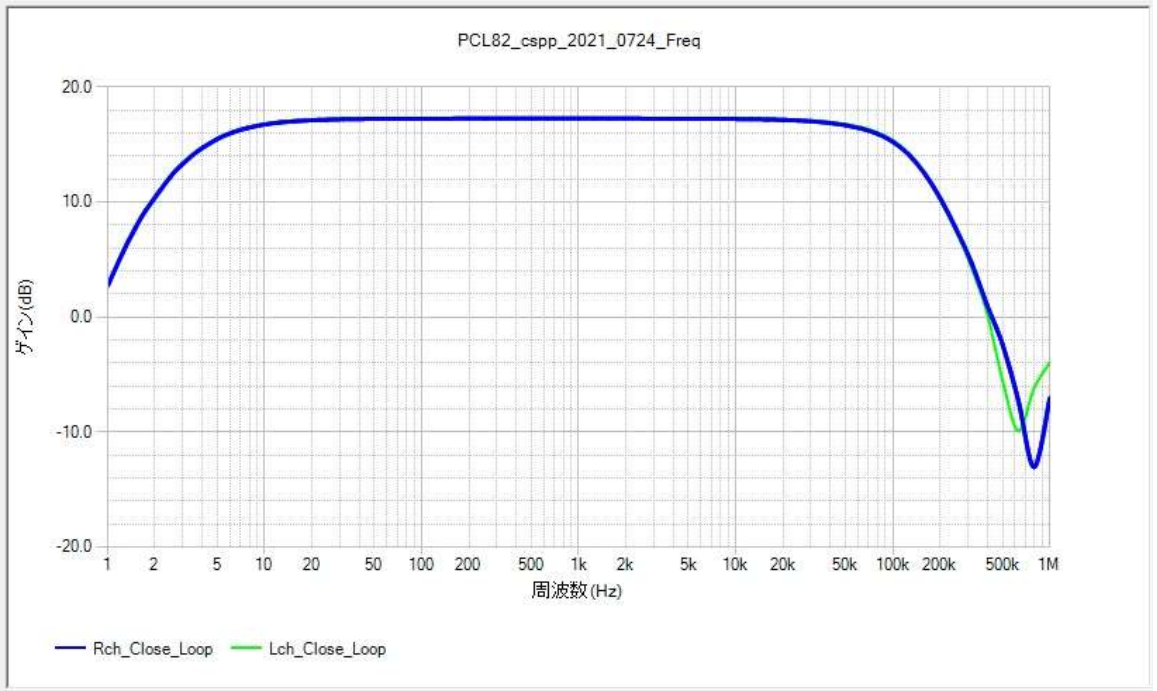
出力設定: レベルスイープ -40dBV～6dBV, 測定周波数=1000.0Hz, 40ログsteps/upsweep, 測定インターバル=0秒, グランドリフトなし, AWG2反転出力オン

入力設定: CH1入力ATTオート, CH2入力ATTオート, 平均化回数=5回

測定ｵﾌﾟｼｮﾝ: THD+N,測定周波数に同調

入力感度は１Ｖでフルパワーとなる設定としています。

周波数特性



測定条件(Rch_Close_Loop)

測定日時: 2021年07月24日 14時13分13秒～14時14分00秒

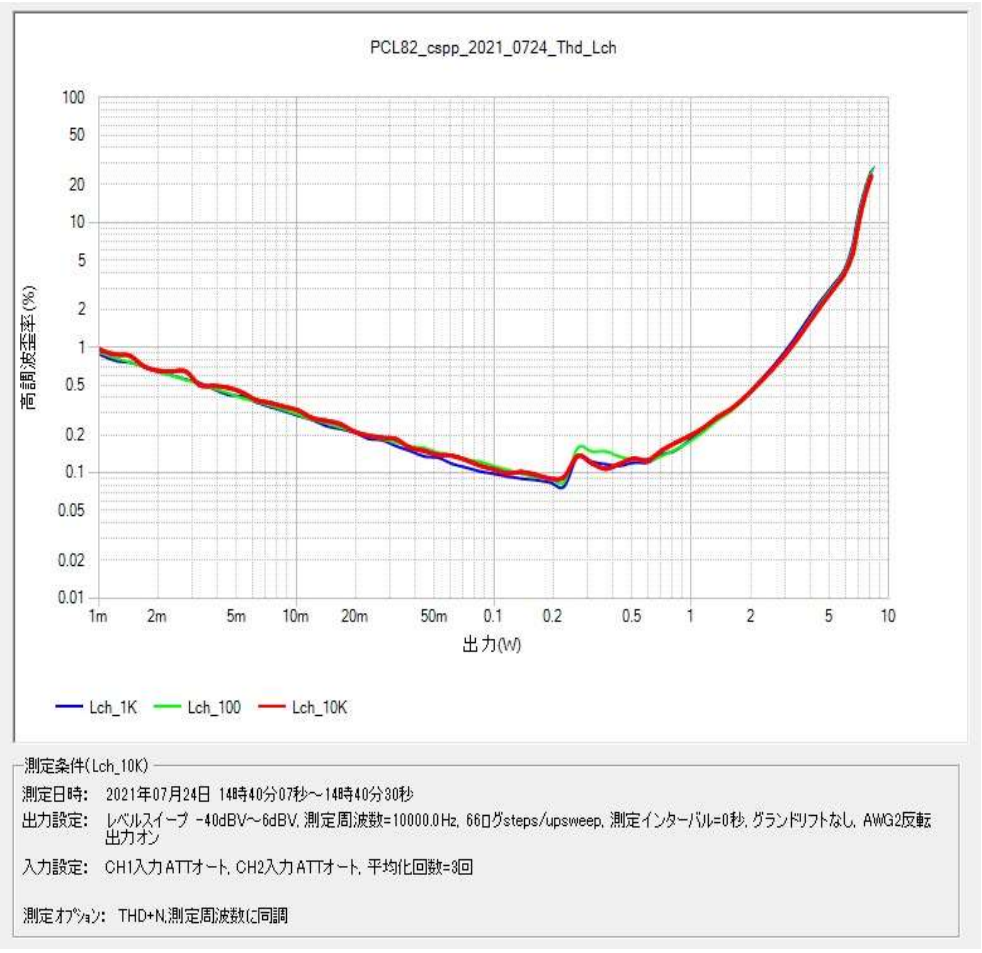
出力設定: 周波数スイープ 1Hz～1000000Hz, 測定レベル=-20.00dBV, 61ログsteps/downsweep, 測定インターバル=0秒, グランドリフトなし, AWG2反転出力オン

入力設定: CH1入力ATTオート, CH2入力ATTオート, 平均化回数=1回

測定ｵﾌﾟｼｮﾝ: THD+N,測定周波数に同調

周波数特性は高域が伸びすぎると聞いていて疲れるので抑え気味にしてあります。

歪率特性（Ｌｃｈ）



測定条件(Lch_10K)

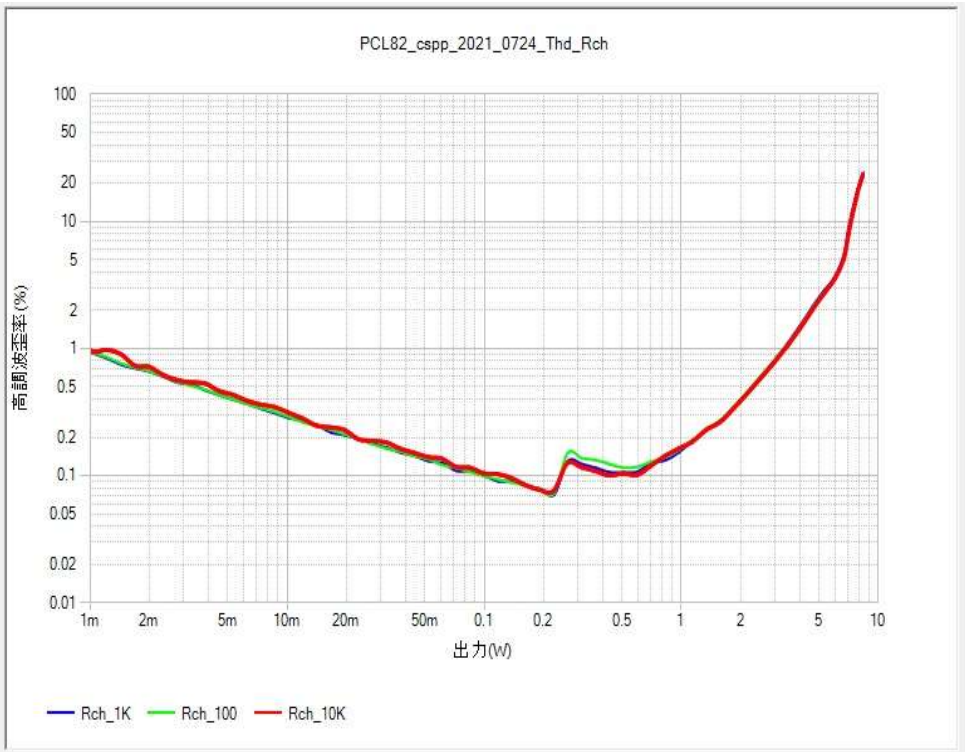
測定日時: 2021年07月24日 14時40分07秒～14時40分30秒

出力設定: レベルスイープ -40dBV～6dBV, 測定周波数=10000.0Hz, 66ログsteps/upsweep, 測定インターバル=0秒, グランドリフトなし, AWG2反転出力オン

入力設定: CH1入力ATTオート, CH2入力ATTオート, 平均化回数=3回

測定ｵﾌﾟｼｮﾝ: THD+N,測定周波数に同調

歪率特性（Ｒｃｈ）



測定条件(Rch_10K)

測定日時: 2021年07月24日 14時46分28秒～14時46分51秒

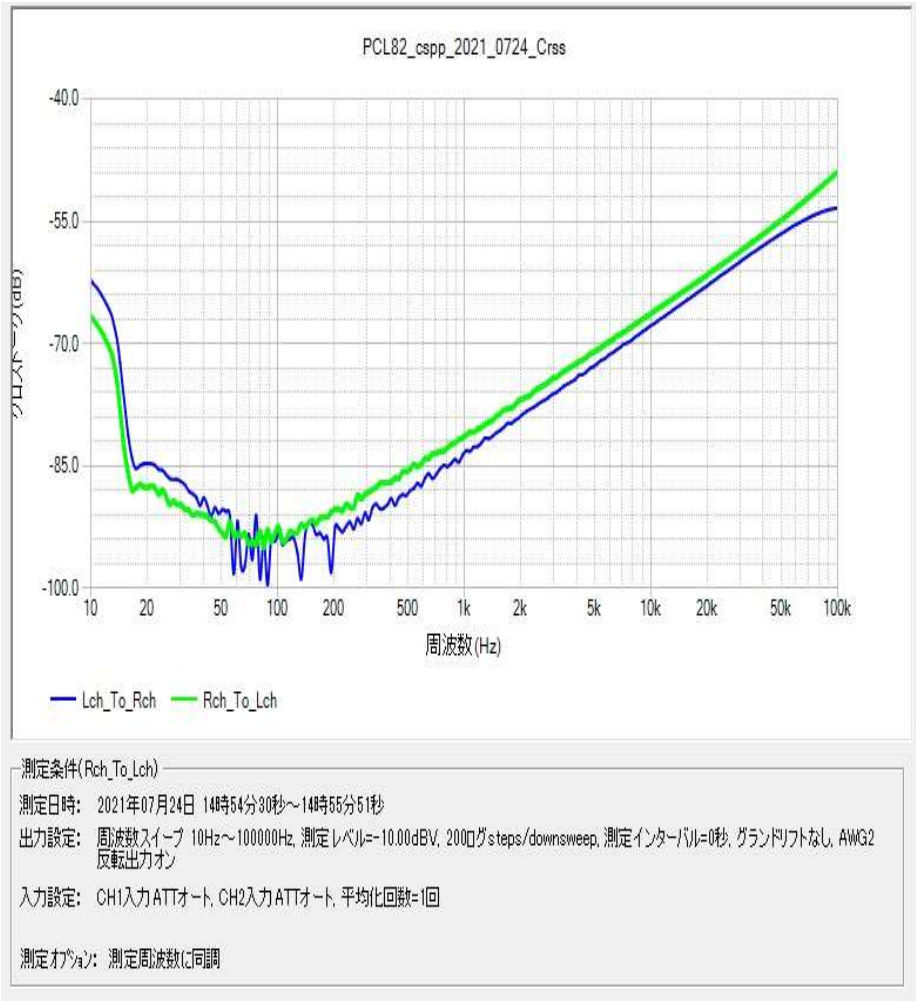
出力設定: レベルスイープ -40dBV～6dBV, 測定周波数=10000.0Hz, 66ログsteps/upsweep, 測定インターバル=0秒, グランドリフトなし, AWG2反転出力オン

入力設定: CH1入力ATTオート, CH2入力ATTオート, 平均化回数=3回

測定ｵﾌﾟｼｮﾝ: THD+N,測定周波数に同調

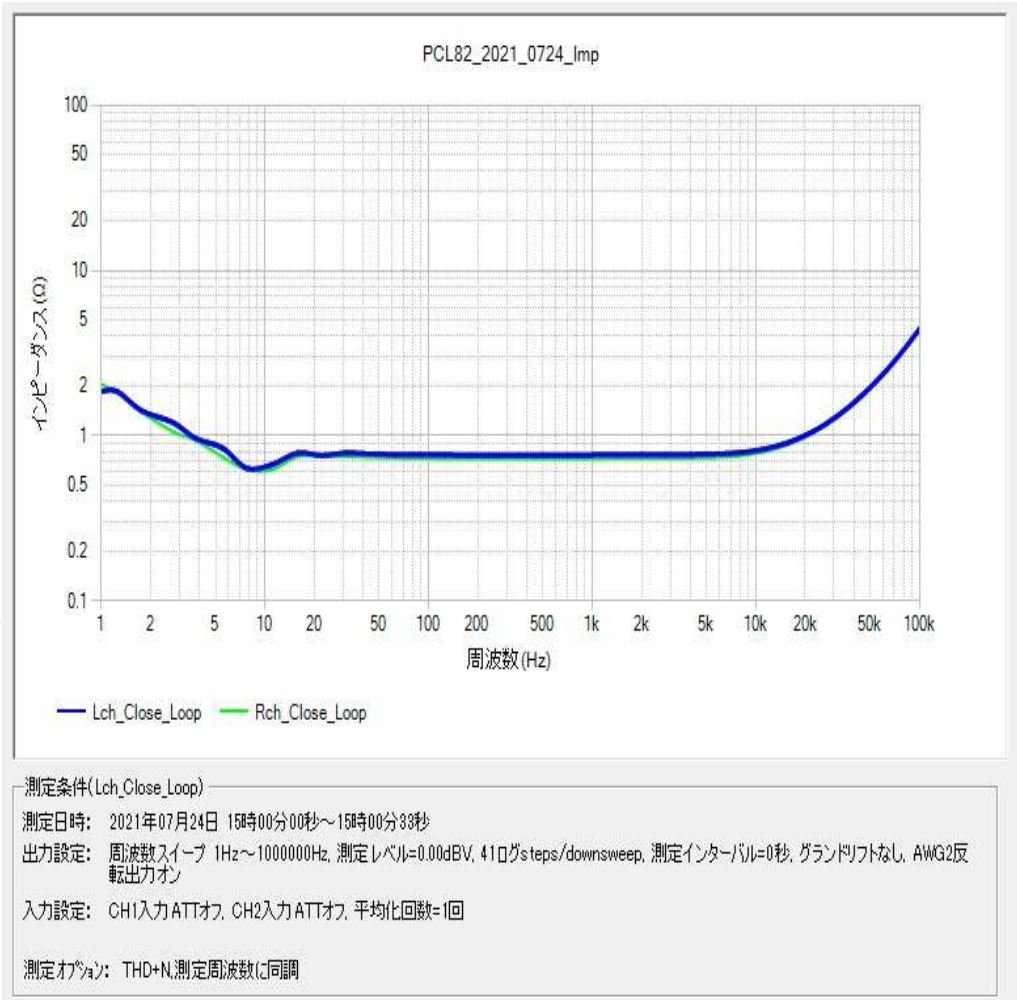
出力が0.2W～0.3Wの区間で歪特性の段差がありますが、これはアナログ・デスカバリーの内蔵ATTが原因で実際の歪特性には発生していないとの事です、最大出力は６Wほどで周波数による差も少なく素直なカーブになっております。

クロストーク特性



20HZ～20KHZの範囲で-60dB以下となりました。

インピーダンス特性



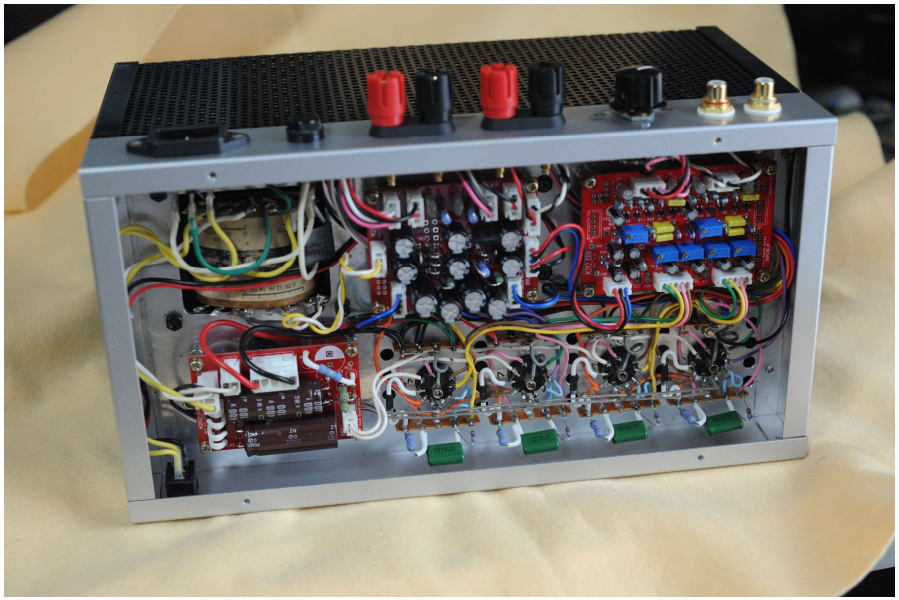
20HZ～20KHZの範囲で1Ω以下です（DF=10.6/1KHZ)。

11. 音質評価

真空管CSPPアンプの音ですが、トランスを使用したCSPP以外のPPアンプやシングルアンプとは明らかに違う音がします、
雑味の無い透明感のある音と豊かな低域がCSPPアンプの魅力ではと思います、CSPPの音に魅せられると私みたいに
CSPPアンプばかり作る事になってしまい、似たような音質のアンプばかり増えるという困った事になります。

年を重ねた耳では、半導体アンプだと長く聞いていると疲れてしまうし、かと言って真空管アンプでは疲れはしないが
何か物足りないという人は、一度CSPPアンプに挑戦してみては如何でしょう、好きな音に出会えるかもしれませんよ。

PCL82/16A8 CSPP
2021.6.19 Design by M.Uchida
POWER

PCL82/16A8 CSPP
2021.6.19 Design by M.Uchida

ARITO's
Audio Lab
ARITO's
Audio Lab