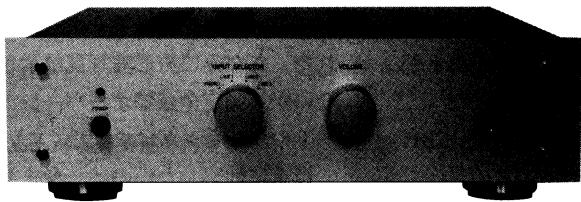


DCバランス補正回路+カソードフォロワー出力

1段増幅 ハイブリッドプリアンプ [製作編]

柴田由喜雄 SHIBATA Yukio



「DCバランス補正回路」を搭載したイコライザーとフラットアンプおよびヘッドフォンアンプ、電源部は各プリント基板に組み立て、筐体は特注した。初段のサブミニチュア管は磁気の影響を防ぐため、頭部にマグネットスタビライザーを装着。イコライザーアンプの歪率は、真空管主体の増幅としては低歪率の部類に入る。フラットアンプの最大出力電圧は55Vと高い値が得られ、次稿では高出力電圧の特徴を生かした、「電圧ゲイン0dBの中出力パワーアンプ」を予定している。

製作

本機の筐体は、特注製作したものである。図10(a) (前号より連

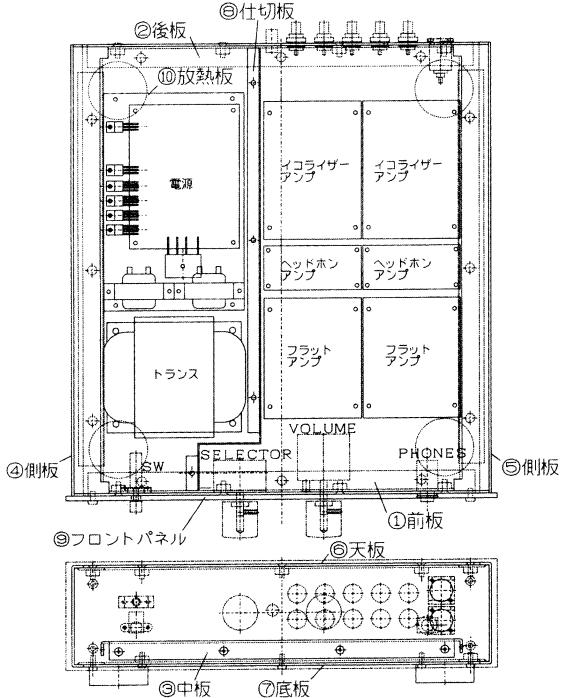
番)に本機の全体レイアウトを示す。全体レイアウト中の①前板、②後板、③中板を図10(b)～(d)に示す。

筐体は、t2鋼板を曲げ加工した板金類をM4溶接ナットで箱型に組み付ける構造としている。十分な剛性があり、重量もかな

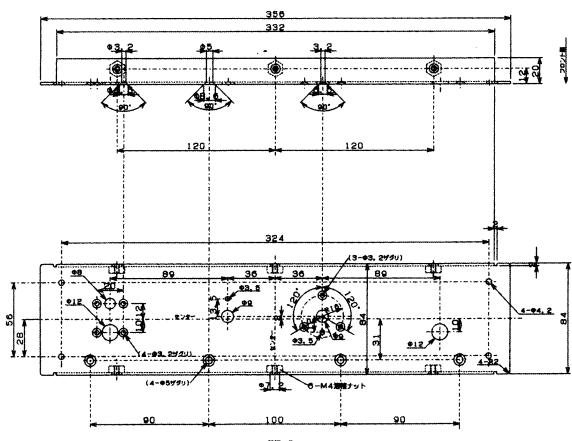
りある。筐体内部は、左右を電源部とアンプ部に分けてシールド板(⑧仕切り板)で仕切っている。

図11に、イコライザーアンプ部プリント基板を示す。上より、部品面から見た部品配置、部品面パターン、部品面から見た裏面パターンである。部品面をベタースとした両面基板としている。

初段真空管Q101の外表面には、防振ダンパーとマグネットスタビライザー(写真1、2)を取り付け

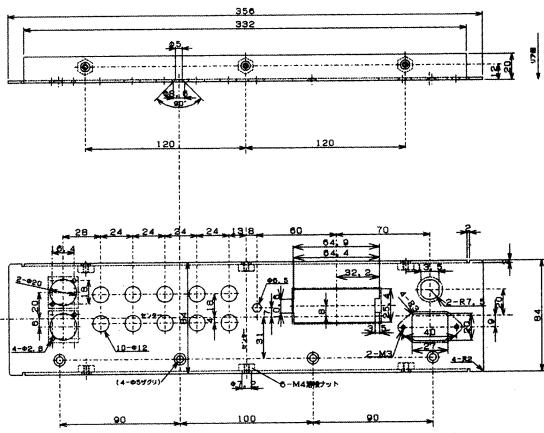


[図10-a] 全体のレイアウト

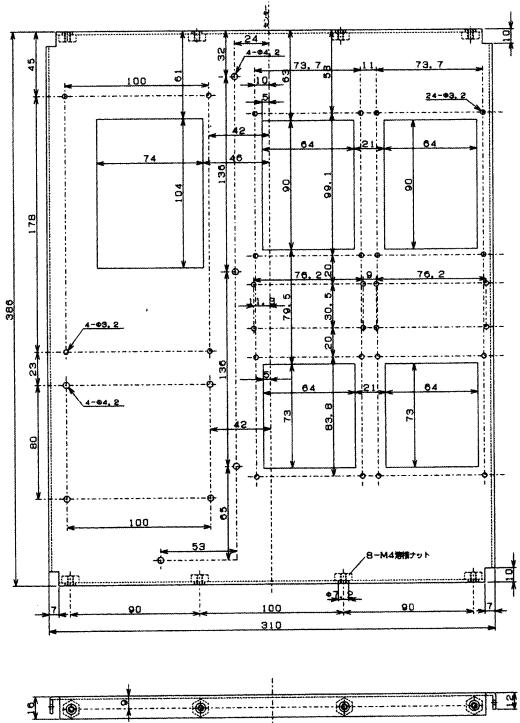


[図10-b] ①前板

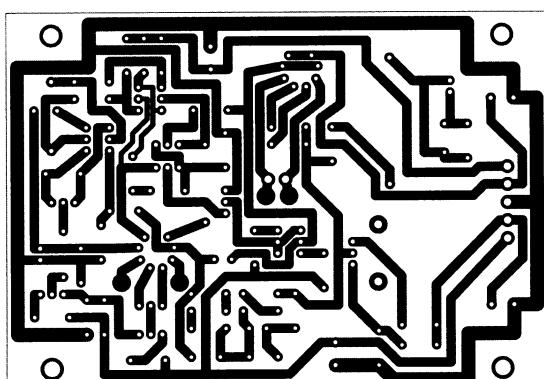
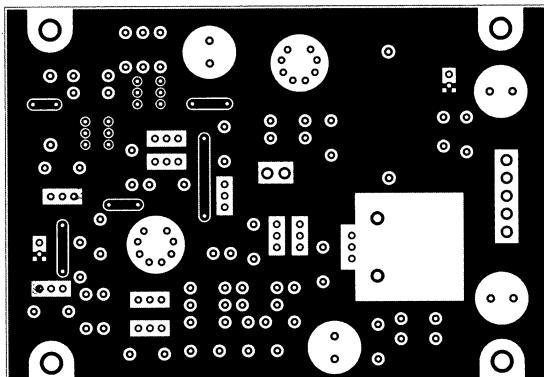
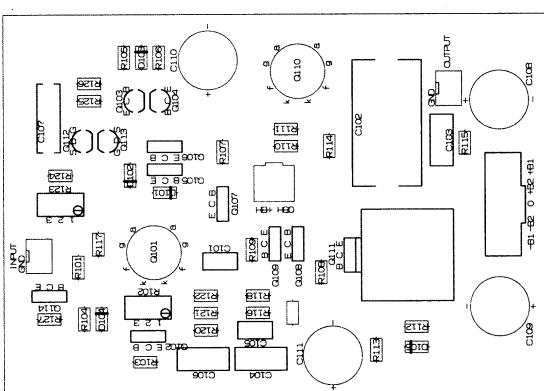
1段増幅ハイブリッドプリアンプ



[図10-c] ②後板



[図10-d] ③中板



[図11] イコライザーアンプ基板 (60%縮小、上から部品配置、表面パターン、裏面パターン)

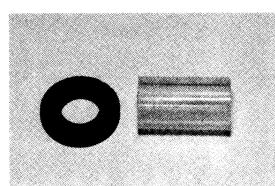
ている。

防振ダンパーは内径 ϕ 9mm, t2の半透明シリコンゴムチューブを切断したもので、真空管ガラスに圧着するようにきつめに取り付けている。用いたシリコンゴムチューブの耐熱温度は -60 ~ +180 °Cである。

マグネット

スタビライザーは、初段真空管が磁気の影響を受けて歪むため、波形が若干安定しない現象があるので、真空管の頭部から強制的に磁界を与えるよう取り付けている。同マグネットスタビライザーは内径 ϕ 10mm、外形 ϕ 20mm, t3のドーナツ形状フェライトマグネットである。磁束の方向は、真空管の軸方向に一致させている。シリコンエポキシ樹脂系の接着剤で真空管頭部に接着している。」

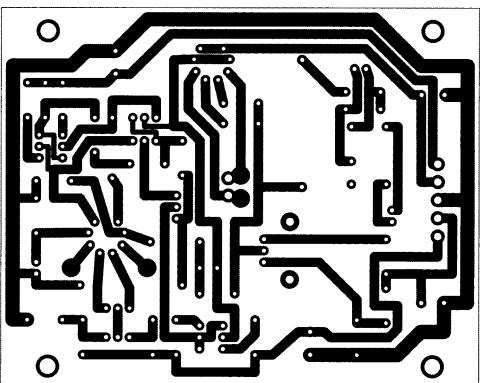
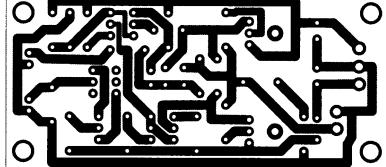
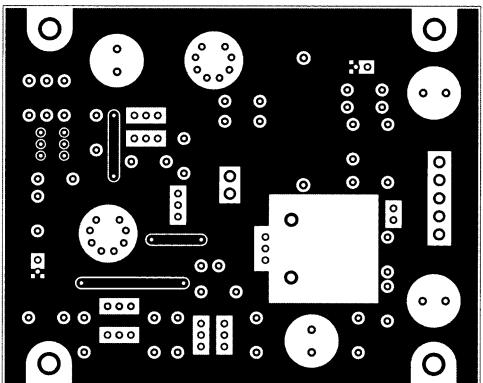
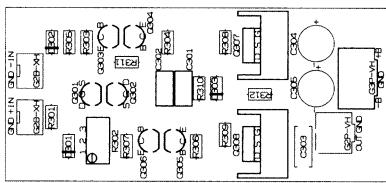
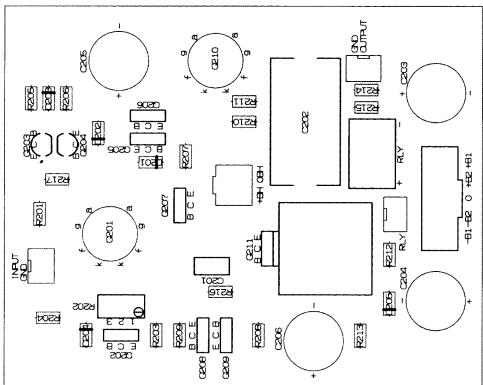
マグネットスタビライザーの取り付けによって、歪率が低出力電圧から高出力電圧まで、すなおに推移する。これはサブミニチュ



[写真1] 防振ダンパー(右)とマグネットスタビライザー(左)



[写真2] 初段6021Wに実装した防振ダンパーとマグネットスタビライザー

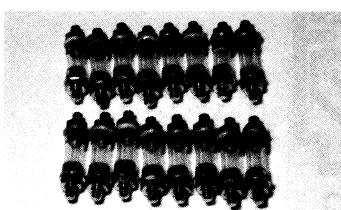


[図12] フラットアンプ基板(60%縮小、上から部品配置、表面パターン、裏面パターン)

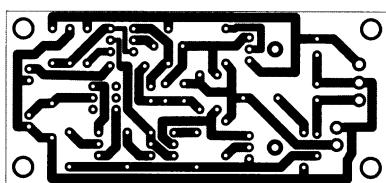
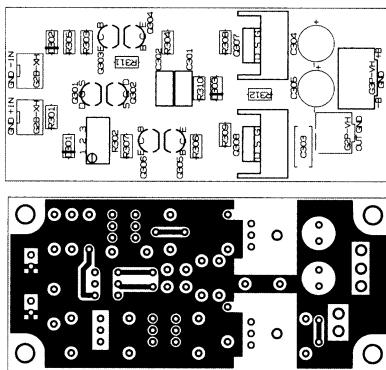
ア管のリード線や内部磁性体部分、あるいは電子流が磁界の影響を微妙に受けているためと推察される



[写真3] 出力コンデンサーはシールドしてエポキシ樹脂を塗布



[写真4] 自作のプリント基板サポートで、基板はほぼ完璧に防振される



[図13] ヘッドフォンアンプ基板(60%縮小、上から部品配置、表面パターン、裏面パターン)

が、詳細は定かではない。

出力コンデンサーは銅箔でシールド(密封)し(写真3)、仕上げにエポキシ樹脂を塗布している。便宜的に、同コンデンサー単体で100kHz正弦波電流を流して、コンデンサー各部の漏れを観測した結果では、シールドがない場合に比べ若干優位さがあるようである。

出力コンデンサーは、パナソニック製のメタライズドポリエスチルフィ

ルム型で、本体のみあるいはシールドを施しても、インピーダンス実測では特に問題はなかった。

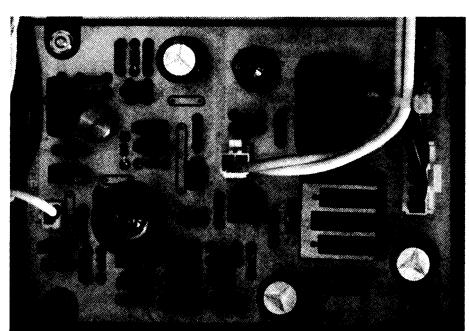
初段定電流負荷のQ103、Q104(とともに2SA1015)は熱結合している。しかし、今回はI-V変換部のQ105とQ106およびQ108とQ109は熱結合していない。それらは、コレクター金属面を対向させて直に密着熱結合すると、電圧がフルスイングする部分としては、

無視できない容量(エポキシ樹脂貼り合わせの場合40pF程度)がコレクター・コレクター電極間に発生する。

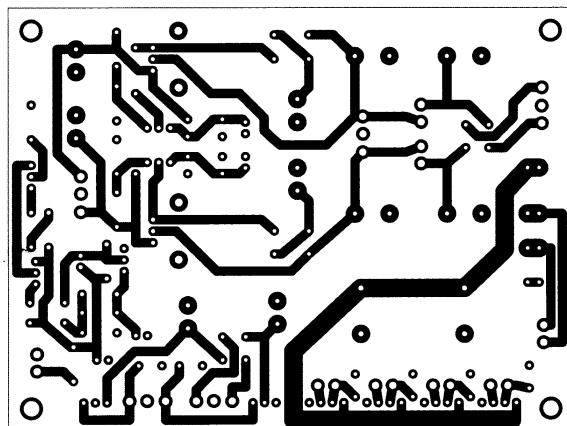
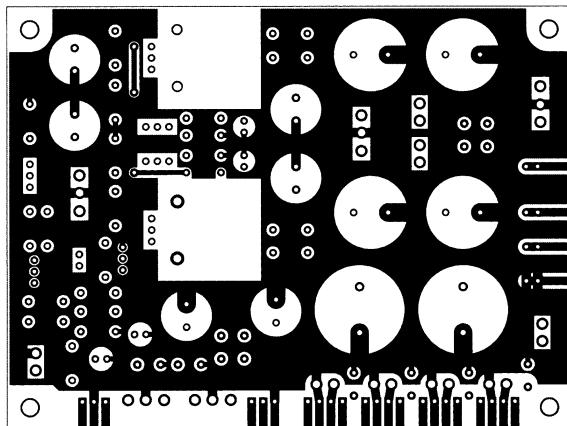
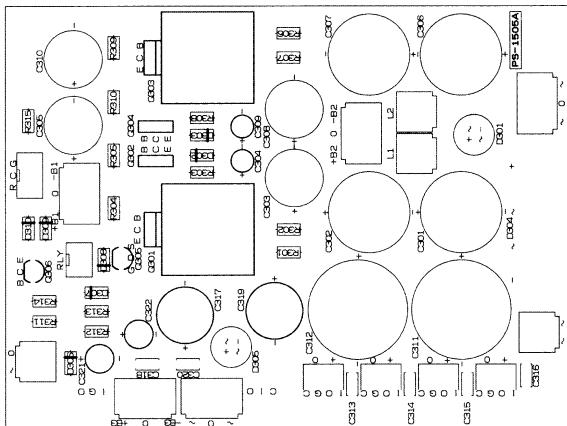
もし熱結合する場合は、同コレクター間にある程度の隙間を設ける(たとえば1mm程度の絶縁材を挟む)必要がある。

図12にフラットアンプ部プリント基板を示す。初段の真空管Q201には、イコライザーアンプ部と同じように防振ダンパーとマグネットスタビライザーを取り付けている。

イコライザーアンプ部プリント基板およびフラットアンプ部プリ



イコライザー基板の左下にマグネットスタビライザーを装着した初段管6021Wが見える



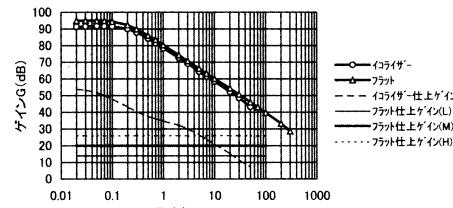
[図14] 電源基板(60%縮小、上から部品配置、表面パターン、裏面パターン)

ント基板は防振のために、柔らかいプリント基板サポート(写真4)で中板(図10(a)の③)に取り付けている。これによって、ほぼ完璧なプリント基板の防振がなされている。

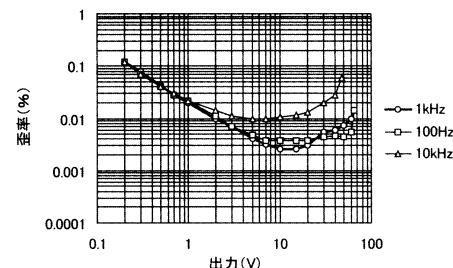
図13にヘッドフォンアンプ部

B₂は多くの配線を必要とするので、それらの配線が電源部に至る前に、配線途中で1組にまとめている。ヒーター用電源は、個別に電源部に至っている。

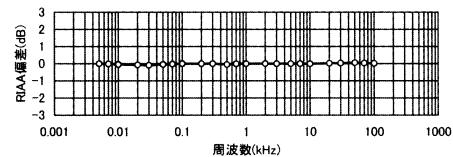
主要使用部品は、表1を参照していただきたい。



[図15] オープンループゲイン



[図16] イコライザーアンプの歪率特性



[図17] RIAA偏差

プリント基板を示す。

図14に電源部プリント基板を示す。電源部プリント基板は、図10(a)の⑩放熱板に取り付け、放熱板を③中板に取り付けている。

各アンプ基板の電源±B₁や±B₂

本機の特性

以下、本機のL-ch諸特性を以下に示す。R-chもほぼ同じである。

図15にアンプ基板単体で測定したオープンループゲインを示す。遮断周波数が100～300Hzの1次減衰特性となっている。

本機では、終端を入力インピーダンスの高い真空管カソードフォロワーとしているので、低域でも十分なオープンループゲインを得ている。

電気・機械的なスピーカーを駆動するパワーアンプでは、大きなオープンループゲイン(多くの負帰還)は必ずしも好ましいものではないが、プリアンプの場合は高域補正と容量性負荷対応を適正に行えば大きな支障は起きにくい。

図16に、イコライザーアンプ部の歪率特性(PHONO→REC OUT)を示す。歪率測定は外部

[表1] 部品表

使用箇所	部品	記号	型番・値	個数	メーカー	備考
イコライザーアンプ部	抵抗	R101他	RP-24C	50	ニッコーム	
		R102,R123	B100Ω	4	—	25回転ボリュームメータ
	コンデンサー	C101	5pF	2	—	ディップドマイカ
		C104	390pF	2	—	ディップドマイカ
		C105	27pF	2	—	ディップドマイカ
		C106	1500pF	2	—	ディップドマイカ
		C103	680pF	2	—	ディップドマイカ
		C102	10μF/250V	2	パナソニック	フィルム
		C107	1μF/50V	2	—	フィルム
		C108-C111	47μF/160V	8	—	ケミコン
	真空管	Q101	6021W	2	2フィリップスECG	双三極管
		Q110	6111WA	2	2フィリップスECG	双三極管
	トランジスター	Q102,Q114	2SC3423	4東芝		
		Q103,Q104	2SA1015	4東芝		
フラットアンプ部		Q105,Q106,Q107	2SA1381	6サンヨー		
		Q108,Q109,Q111	2SC3503	6サンヨー		
		Q112,Q113	2SK4150	4ルネサス		
	ダイオード	D101,D102	1S2076A	4	—	
		D104	24V	2	ツェナー	
		D103,D105	5.6V	4	—	ツェナー
	防振ダンパー	—	内径φ9.2	2	—	シリコンチューブ
	マグネットスピリライザー	—	内径φ10外形φ20±3	2	—	フレライトマグネット
	小型放熱器	—	20×20×25	2	—	
	Cuキップ	—	—	2	—	注文製作品
	プリント基板	—	—	2	—	注文製作品
	プリント基板サポート	—	—	8	—	自作
	抵抗	R201他	RP-24C	32	ニッコーム	
	コンデンサー	C201	5pF	2	—	ディップドマイカ
		C202	10μF/250V	2	パナソニック	フィルム
電源部		C203-C206	47μF/160V	8	—	ケミコン
	真空管	Q201	6021W	2	2フィリップスECG	双三極管
		Q210	6111WA	2	2フィリップスECG	双三極管
	トランジスター	Q202	2SC3423	2東芝		
		Q203,Q204	2SA1015	4東芝		
		Q205,Q206,Q207	2SA1381	6サンヨー		
		Q208,Q209,Q211	2SC3503	6サンヨー		
	ダイオード	D201,D202	1S2076A	4	—	
		D204	24V	2	ツェナー	
		D203,D205	5.6V	4	—	ツェナー
	防振ダンパー	—	内径φ9.2	2	—	シリコンチューブ
	マグネットスピリライザー	—	内径φ10外形φ20±3	2	—	フレライトマグネット
	小型放熱器	—	20×20×25	2	—	
	プリント基板	—	—	2	—	注文製作品
	リレー	RLY	DS(1c)-24V	2	パナソニック	
	プリント基板サポート	—	—	8	—	自作
筐体関係	抵抗	R301他	RP-24C	15	ニッコーム	
		R403	0.2Ω 10W	1	—	セメント抵抗
	コンデンサー	C301,C302,C306,C307	470μF/160V	4	—	ケミコン
		C303,C305,C308,C310	47μF/160V	4	—	ケミコン
		C304,C309	47μF/50V	2	—	ケミコン
		C311,C312	22000μF/16V	2	—	ケミコン
		C313-C316	0.1μF/50V	4	—	積層フィルム
		C317,C319	2200μF/25V	2	—	ケミコン
		C318,C320	0.1μF/50V	2	—	積層フィルム
		C321	100μF/50V	1	—	ケミコン
		C322	220μF/16V	1	—	ケミコン
	トランジスター	Q301	2SC3298	1東芝		
		Q302	2SC3503	1サンヨー		
		Q303	2SA1306	1東芝		
		Q304	2SA1381	1サンヨー		
		Q305	2SK4150	1ルネサス		
		Q306	2SA1015	1東芝		
	ダイオード	D301,D305	AM1510	2	—	ブリッジ
		D302,D303	24V	2	—	ツェナー
		D304	D15XBN20	1	—	ブリッジ
		D306,D308	1N4007	2	—	
		D307,D309,D310	1S2076A	3	—	
電源IC	レギュレーターIC	—	NJM2396F63	4JRC		
		—	NJM7815	1JRC		
		—	NJM7915	1JRC		
	電源ランプ	D311	—	1	—	2色LED(赤/緑)
	小型放熱器	—	20×20×25	2	—	
	チョーク	—	5H50mA	2	春日無線	
	電源スイッチ	—	—	—	エヌテクノロジー	注文製作品
	ヒューズホルダ	—	—	1	—	注文製作品
	入出力端子	—	32NEG1-2-6	1セイデン		
	出力端子	—	RV30YG10kΩ	1コスマス	東京光音P65CS使用可	
	100Vインレット	—	—	2	—	注文製作品
	アルミ脚	—	—	4	—	注文製作品

負荷を100kΩとし、100kHzのLPFを通していている。低出力電圧時の歪率は、真空管のノイズによってかなりランダムに変動するが、変動をかいくぐって、基本性能として妥当な値を読み取っている。

ノイズ面ではFET入力トランジスターアンプには及ばないもの

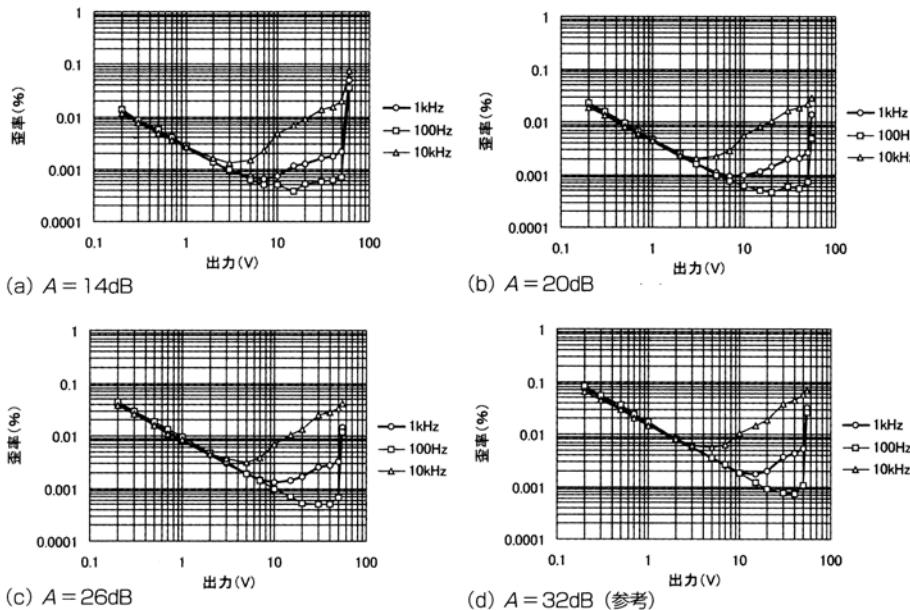
の、真空管が主体の増幅回路としては低歪率の部類に入るであろう。

本機の場合、DCバランス補正回路が真空管低域ノイズの若干の低減作用をしている。最大出力電圧は、一般的トランジスターアンプに較べると大きい。終段の電源電圧が高いことによる。

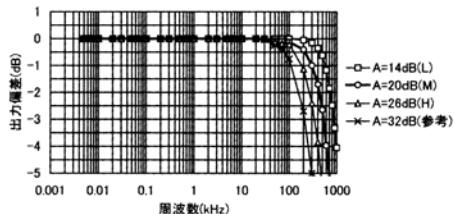
RIA A 偏差特性(PHONO → RECOUT)を図17に示す。測定は、逆 RIA A 回路を通して測定しているので相応の誤差がある。なお、DC バランス補正回路を併用すると、DC 負帰還のような可聴周波数下限あたりでの減衰がなく、DC 領域まで十分なゲインを持たせることができるので、数10Hzあたりの RIA A 偏差微調整が容易になる。

図18にフラットアンプ部の歪率特性(LINE1 → PREOUT, VOL_{max})を示す。出力負荷は100kΩとし、100kHzのLPFを通している。最大出力電圧は55Vであり、かなり大きい。特に、100Hzの低歪率はハイブリッドプリアンプの極限に近いレベルであろう。参考までに、55Vという出力電圧は、パワーアンプの380W(8Ω)時の電圧に相当する。

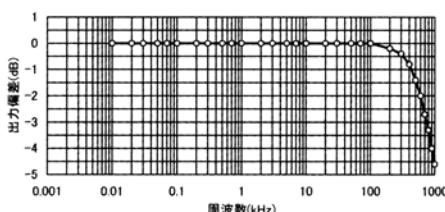
図19にフラットアンプ部周波数特性(LINE1 → PREOUT, VOL_{max})を示す。Mゲイン(20dB)にて0.数Hz～520kHz



[図18] フラットアンプの歪率特性



[図19] フラットアンプの周波数特性

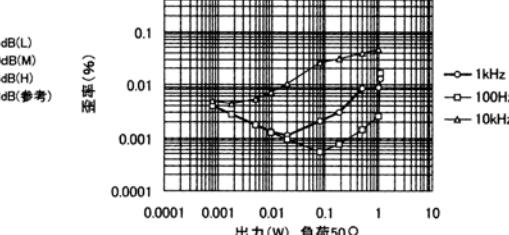


[図21] ヘッドフォンアンプの周波数特性

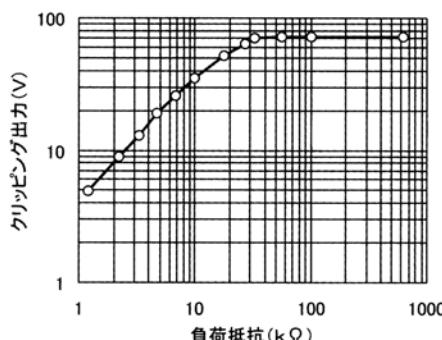
である。

低域再生限界は、 C_{202} ($10\mu\text{F}$)と負荷インピーダンス（ヘッドフォンアンプとパワーアンプの入力インピーダンス）によって決まる。たとえば、負荷インピーダンスを $100\text{k}\Omega$ とすれば、低域再生限界は 0.16Hz と算出される。

図20にヘッドフォンアンプ部の歪率特性を示す。プリント基板単体の特性である。負荷は 50Ω としている。終段のアイドル電流を 20mA としているので、出力



[図20] ヘッドフォンアンプの歪率特性



[図22] 負荷抵抗値とクリッピング出力

が 40mW 以上では AB 級である。大出力時の歪率は、負荷インピーダンスによって変わる。

図21にヘッドフォンアンプ部周波数特性を示す。プリント基板単体の特性である。

図22にフラットアンプのクリッピング出力を示す (LINE1 → PREOUT)。負荷抵抗値を変

えて、 1kHz サイン波形をオシロスコープで目視し、クリッピング時の電圧を測定した。負荷 $30\text{k}\Omega$ 以上で、クリッピング出力が 72V である。最大出力電圧は電源電圧により、最大出力電流は終段真空管の設定電流と負帰還抵抗 R_{216} などの消費電流による。

終わりに

本機のオープンループゲインは、終段に真空管を用いたことで非常に大きい。トランジスターにとって、同程度のオープンループゲインを得ようすると、終段に高耐圧ダーリントン接続（たとえば、バイポーラートランジスターによる3段ダーリントン）を選択することになるであろう。

この点、回路のシンプル化（増幅段数の低減）という面で、本機のようにグリップ電流低減といった配慮をしながら、ハイブリッドプリアンプの終段に真空管を採用することは、ある種合理的な選択といえるのではないだろうか。

イブリッドプリアンプの終段に真空管を採用することは、ある種合理的な選択といえるのではないだろうか。

次稿では本機の1つの応用例として、電圧ゲインが 0dB (1倍)の中出力パワーアンプを紹介する予定である。