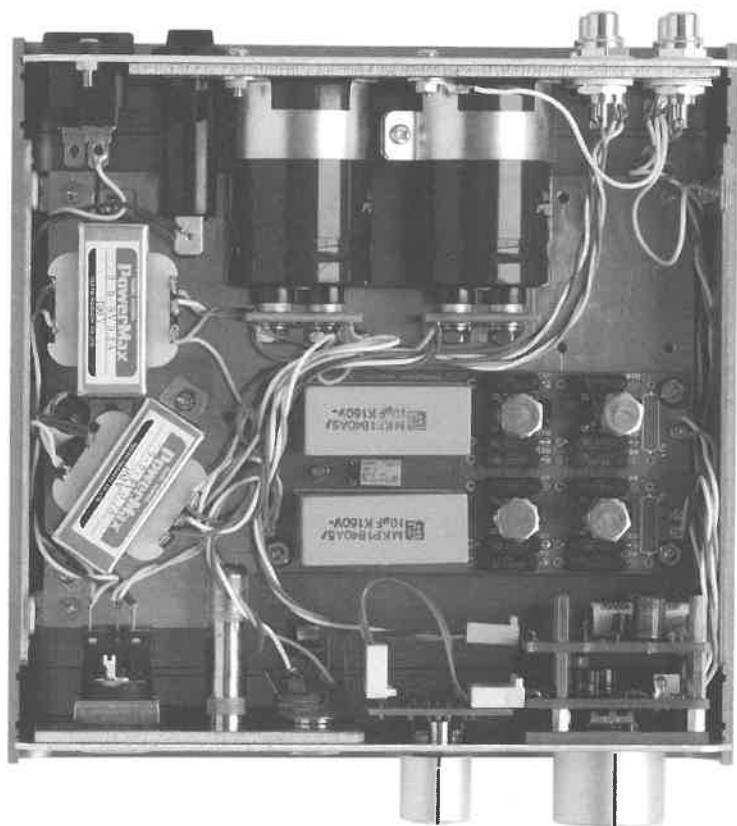


ノウハウの限りをつぎ込んだ

究極のヘッドフォン・アンプ完成



●完成したヘッドフォン・アンプの外観(左)とシャーシ内部(下)



錘を載せたのだが

本誌2017年7月号で発表した電子ボリュームEVR-Xでは、MUSES 03 オペアンプの上にカットした真鍮棒を載せて音がよくなった、と

喜んでいました(写真A)。編集部を試聴会にも見参させてもらい、参加者のかたがからお褒めの言葉も頂戴しました。

ところが、数日して戻ってきたEVR-Xは音が出ません。えっ、と

別府 俊幸

思ってたケースを開けると、なんと真鍮棒を接着したMUSES 03はソケットから抜け落ち、足は折れ、無残な姿に…。う～ん、よほどの衝撃が加わったのでしょうか。痛い、財布が、

ICソケットは、押し込み力がほとんど要らない安物ではありません。スイス製のPreciDipです。試しにオペアンプ(MUSESではない)を入れた基板を落としても、そう簡単には抜けません。おそらく、かなりの衝撃が……。

抜け落ちをなくすには、ソケットを止めて半田付けするのがよいのですが、オペアンプを差し替えて試したいこともあります。ですので、ソケットに入ったICを上から押さえつける手を考えました。新たに押さえ金具を作ることも考えたのですが、手間なので、ケースの上蓋で押さえます。ただし直接上蓋で押さえつけるとなると、寸法合わせはシビアです。0.1mmでも長ければ、ICのリードやソケットに余計な力が加わります。ここは上蓋との間に弾性材を挟み込むことにします。

ですが、作るモノに合わせた長さで真鍮棒をカットするのが面倒です。歳とともに、じゃなかった、若いときから手抜きすることばかり考えています。そんなことを考えるのなら、音をよくすることを考えるべきですが、そっちは滅多に考えつきません。

でも、「窮すれば通ず」は大げさですけど、考えれば思いつくもので

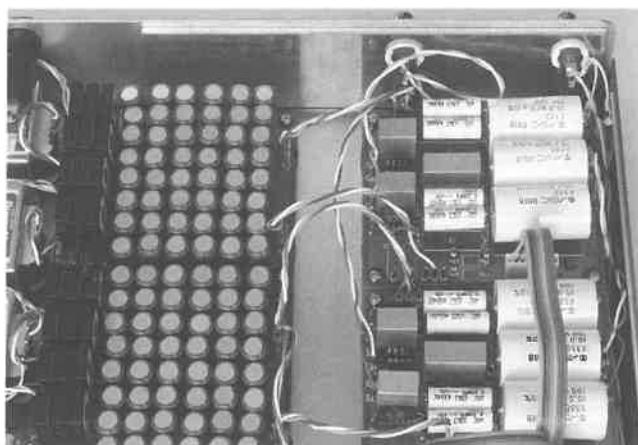
す。真鍮の六角スペーサです。プリント基板を固定するアレの大きいものです。M6サイズだと幅が10mmで、オペアンプに載せるのにちょうどよい。長さは、ネジを入れれば簡単に調整できます。

本機ではM6×20の六角スペーサに、M6×20の六角ボルトを用いました(写真B)。合わせて16gです。弾性材としてソルボセインをボルトの上に貼ります。写真のようにフロントとリアのパネルの上に定規を載せて高さがわかるようにして、3mm厚のソルボセインが1mmほどつぶれる高さにボルトを調整しています。スペーサとICはセメダインスーパーXにて接着し、ソルボセインは、材料の融着性を利用してボルトの上に載せます。一度蓋を閉めれば、蓋側にくっきます。

錘を載せるご利益

論より証拠、「百聴は一見にしかかず」ではなく「一聴にしかず」。聴けば違いが聴こえます。よけいな付帯音が隠れ、静かになります。クリアさがアップする、とでもいうのでしょうか。簡単に試せますから、是非聴いてやってください。変化が聴こえなかったとしても、悪くなること

《写真A》
EVR-Xの
MUSES 03
とMUSES
72302に載せ
た真鍮の錘



はありません。

オペアンプも、信号を通過させるときに振動する、と考えます。わずか数mAの電流ですが、3mm角ほどの微細なチップの上に回路を構成しています。電流路と電流路の間はわずか数 μm で、流路間はキャパシタンス成分を持ちます。キャパシタの極板間に電位差があれば、そこに電界が存在し、極板にはクーロン力が働きます。ごくわずかですが、理論的には振動(加速度)が生じます。ICパッケージへの質量付加は、このICチップに生じる加速度を低減します。

まさか、と思われるかもしれませんが、石のパワー・アンプを作った人なら、数kHzの正弦波信号を入力するとヒート・シンクが鳴くのは

ご存じでしょう。つまり、パワー・トランジスタがヒート・シンクを加振します。したがって、ヒート・シンクによって、アンプの音は変わります。

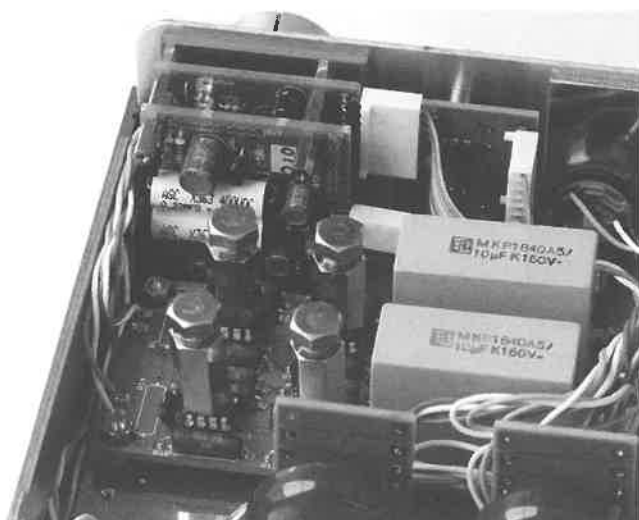
私の耳には聴こえないレベルですが、オペアンプにも同じ現象が生じている、と考えます。プリント基板の厚みを変えると音が変わるのも、取り付けるケースによって音が変わるのも、同じ理由と考えます。

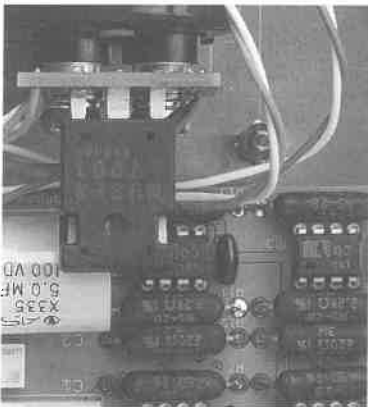
SiC ダイオード

2017年11月号のヘッドフォン・アンプでは、オペアンプに錘を載せようとする、ケミコン端子の上に載せた基板のMUSES 7001が干渉します(写真C)。空いたスペースに載せられるようにと整流基板を作ったもので、しかもこの基板は、ブロック・ケミコンと整流回路をいっぺんに配線できて便利なのですが、このままでは使えません。

そんなときに秋月電子のホームページを見ていたら、NJD 7002なるダイオードがあるではないですか(第1表)。MUSESの看板は背負っていませんが、7001のつぎの番号です。これはもしか、と新日本無線に問い合わせると、MUSES 7001と同じくシリコン・カーバイド(SiC)ショットキー・バリア・ダイオード(SBD)

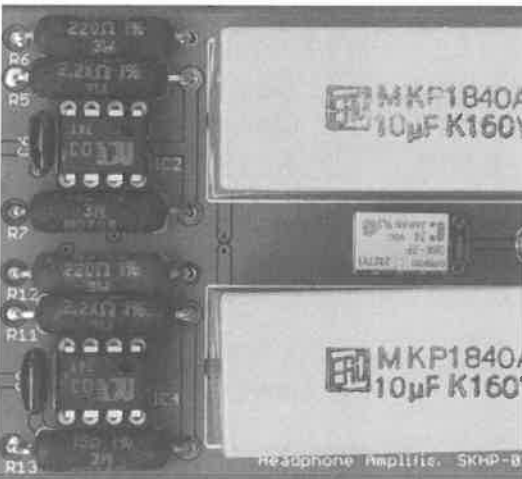
《写真B》
今回のヘッド
フォン・アンプ
MUSES
03に載せた
スペーサと六角
ボルト





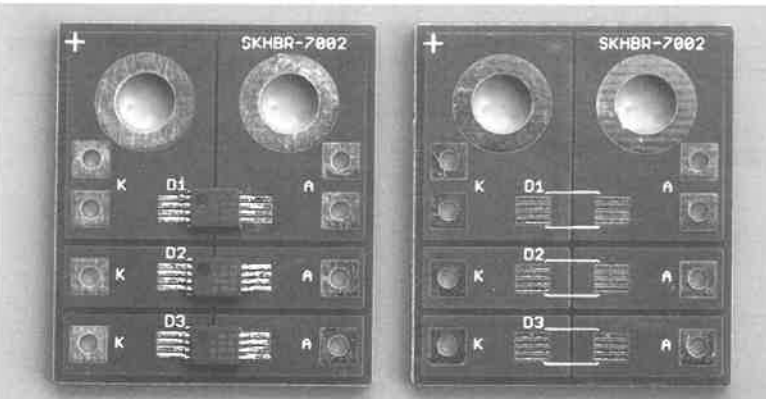
《写真C》 巨大な MUSES 7001 が干渉してしまう…

とのこと。「電流が小さくパッケージも軽いため MUSES の名はかぶせなかったけれども、聴いてみてください」とのことです。確かに小さい。SSOP-8なる表面実装パッケージです。その片側をすべてカソードに、反対側をすべてアノードとした、粋



◀《写真E》
KP1840を搭載したヘッドフォン・アンプの基板

▼《写真D》
NJD7002と整流基板 SKHBR-7002



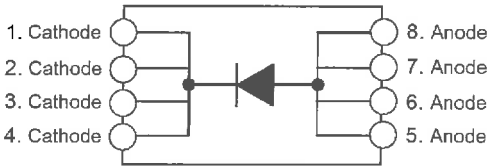
■ 絶対最大定格 (指定なき場合 Ta=25°C)

項目	記号	定格	単位	備考
尖頭逆方向電圧	V_{RM}	200	V	
直流逆方向電圧	V_R	200	V	
平均順方向電流	I_F	0.5^{*1}	A	$T_j \leq 150^\circ\text{C}$
尖頭順サージ電流	I_{FSM}	9^{*2}	A	
接合部温度	T_J	150	$^\circ\text{C}$	
保存温度範囲	T_{STG}	-55~150	$^\circ\text{C}$	

*1 JEDEC 準拠の4層基板を使用した場合

*2 50Hz 正弦半波, 1 サイクル, 非繰り返し

《第1表》NJD 7002 の絶対最大定格



《第1図》
本機に使用した NJD 7002 の
ピン配置

なピン配置です(第1図)。

はい。いわれなくても聴いてみました。SiC-SBDらしいクッキリとした音です。さすがに MUSES 7001 と比べると、細身というか、寂しい傾向ではあります。が、透明

感はあるます。何十年も使っていた ERC-84-009 と比べても明確な音像です。これはイケます。平均電流も、オペアンプ4個が最大出力になったとして、ちょうど足ります。しかも@200円。財布への負荷も軽くなります。

ブロック・ケミコンの上に取り付ける整流基板 (SKHBR-7002) を作りました(写真D)。基板の厚みは2tとしています。標準厚の1.6tと比べてはませんが、アンプ基板でよかったのですから、整流基板でも厚いほうがよいに違いはない、と決めつけます。それに、ダイオードのパッケージが極小です。より効いてくるはずだ、と盲信します。

こうやって聴かないで決めつけるのが、墮落の始まりなのですが…

基板の上のパスコン

本誌2017年11月号のヘッドフォン・アンプでは、ASC X335 をドカッと基板に載せていました。ところがX335の100V/5µFは海神無線の在庫が少なく「単価が上がっていて、つぎに仕入れると値上げせざるを得ません」とのこと。

「ええっ!このつぎのパワー・アンプにいっぱい使う予定で、基板も

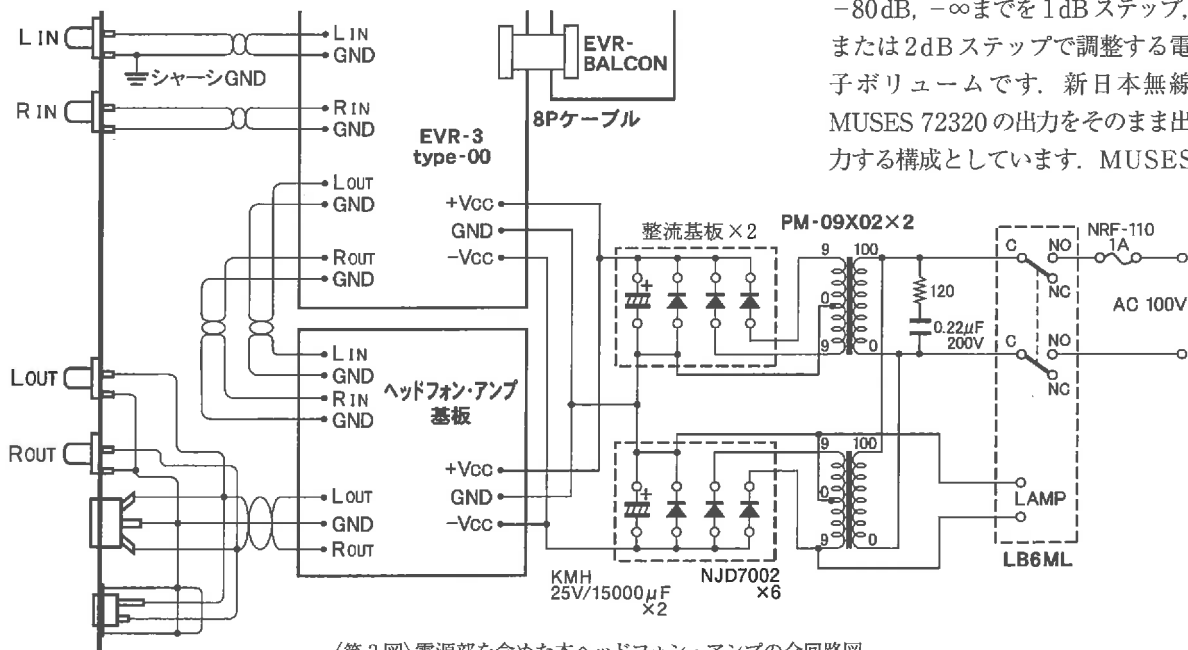
作ってるんですけど、何とか安く入りませんか。「う～ん。交渉はしているのですが…。でも、あの大きさならMKP1840 160V / 10 μ Fが入ると思います。製造中止品ですが、在庫はあります」と。

ドイツのレダーシュタイン社製です。青いケースに入ったフィルム・コンです。デカイ。基板を作って載せました(写真E)。ちなみに、この基板はX335も載るようにしてあります。

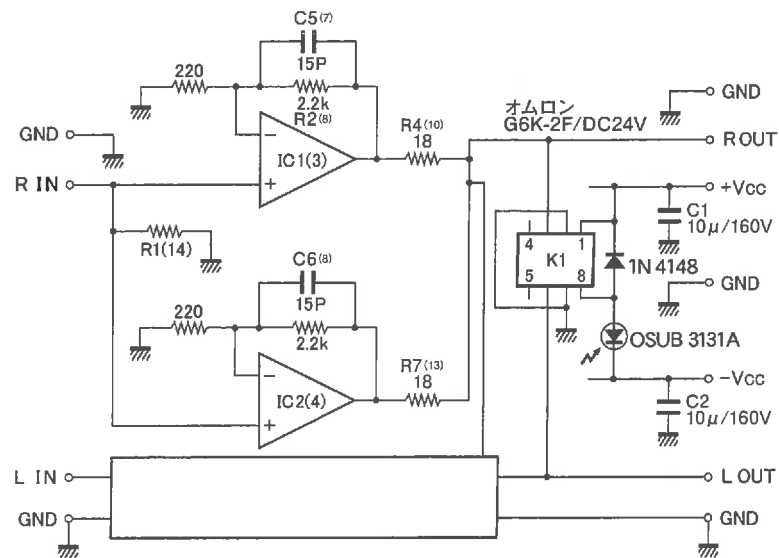
音は、よいです。さすがに銅足のメタライズド・ポリプロピレン・フィルム・コンデンサです。中高域が少しだけX335より薄いので、そのぶん、最高域が明るく聴こえます。が、華やかとまではいいません。中低域の充実感はX335と同じです。全体のトーン・バランスは、むしろ広いように聴こえます。これなら安心して使えます。

回路とパーツ

基板(SKHP-03E)の回路は、2017年11月号のヘッドホン・アンプ



〈第3図〉電源部を含めた本ヘッドホン・アンプの全回路図



〈第2図〉本機の基板部回路

と同じです(第2図)。進歩がありません。よくいえば、史上最高のヘッドホン・アンプ構成だから、変えようがありません。ふつうに言えば、史上もっとも単純な構成だから変えようがありません。

新日本無線 MUSES 03 のパラレル非反転アンプ構成です。MUSES 03 は、入力段と出力段をそれぞれ別チップとしたオペアンプです。250

mA もの最大出力電流を誇り、線のクッキリとした、どこまでも透明な再生音を聴かせてくれます。パラレル構成によって、負荷抵抗 15 Ω で 3.5Vrms もの最大出力電圧を確保します。ヘッドホン・アンプとして十二分なドライブ特性を有しています。回路のゲインは 11 倍 (21dB) としてあります。

EVR-3 type II -00 は、0 から -80dB、 $-\infty$ までを 1dB ステップ、または 2dB ステップで調整する電子ボリュームです。新日本無線 MUSES 72320 の出力をそのまま出力する構成としています。MUSES

72320は無限大の負荷抵抗で正確な減衰量となるよう設計されていますので、基板側の入力抵抗 (R1, R14) は使用しません。

全体の回路を第3図に示します。電源は、ノグチトランスPM-09X02を用いたプラス・マイナス独立のセンター・タップ整流です。整流ダイオードNJD 7002はハーフ・ブリッジ整流基板(SKHBR-7002)に載せて、日本ケミコンKMH 25V/15000 μ Fの端子に取り付けます。KMHはもちろんネジ端子です。

ネットで「ネジ端子がよいなんて(他の人がいうのを)聞いたことがないから、別府某のいうことは信じられない」との批判を見ましたが、自分で音を聴かないで判断できるなんて、幸せな人ですね。聴いたうえで「音が違うから、あいつの耳はおかしい」と批判するのならわかりますが。

脱線しました。ハーフ・ブリッジ整流基板 (SKHBR-7002) は、接続を変えれば、 \pm 別々のセンター・タップ整流にもブリッジ整流にもなります。無信号時の電源電圧は $\pm 12.7V$ くらいです。

EVR-3 type II -00には、EVR-BALCONを用いて左右バランス調整とリモコン操作を可能としています。EVR-BALCONはEVR-3に搭載されたMUSES 72320用のコントロール信号を作るだけですから、付加しても音質劣化はありません。リモコンにはマルツ電子のLV-10をご使用ください。EVR-3、EVR-BALCONと基板は、海神無線とAEDIOで扱っています。

第2表に使用部品を示します。ケースはタカチ電機フリー・サイズUCSケースにて180-55-180サイズを頼みました。パネル加工を第4図に示します。ケースは5個作りま

した。あと2個あります。ご希望のかたはAEDIOまでお問い合わせください。売り切れていましたら、ごめんなさい。

シャーシは3tの真鍮板です。タカチ電機では真鍮加工を受け付けてくれませんので、自分で加工しました。真鍮シャーシは、アルミよりもクッキリした音になります。5mmのスパーサを介して基板を固定しています。

入出力端子はアムトランスAJ-320です。ツマミはマーベル社を使用しました。通販サイトで即納にて扱っています。ケースの足は、タカチ電機アルミ・インシュレータ・

フット AFS30-12Sです。

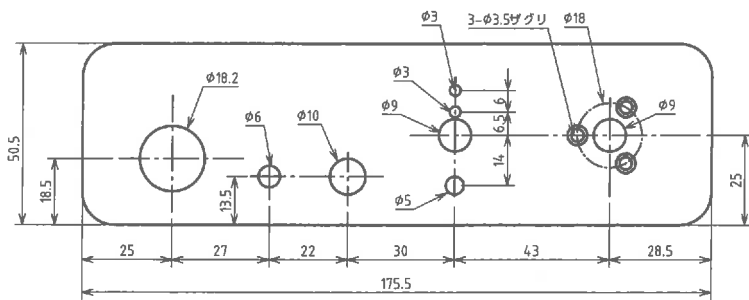
配線には協和ハーモネットUL3265のAWG24を使用しています。音的には可もなく不可もありませんが、難燃架橋ポリエチレン絶縁電線であり、耐熱性に優れ、絶縁体が融けにくく配線しやすい電線です。

F 特は 33 Ω ~無負荷でフラット

第5図に33 Ω 負荷時の周波数特性を示します。フラットな特性です。ちなみに-3dB点は約700kHzです。無負荷もほぼ変わりません。ついでに100kHzの方形波の出力も示します(第6図)。当然ですが、周波

品目	メーカー	型式	個数
電子ボリューム	AEDIO	EVR-3 type II -00	1
バランス調整ユニット	AEDIO	EVR-BALCON	1
電源トランス	ノグチトランス	PM-09X02	2
電源ケミコン	日本ケミコン	KMH 25V 15000 μ F	2
整流基板		SKHBR-7002	2
ダイオード	JRC	NJD7002	6
ケース	タカチ電機	UCS180-55-180DD	1
アルミ・インシュレータ・フット	タカチ電機	AFS30-12S	4
シャーシ取付金具	タカチ電機	UCK-P42	1セット
シャーシ		真鍮 3t \times 162 \times 114	1
フロント・プレート		真鍮 3t \times 80 \times 45	1
リア・プレート		真鍮 3t \times 145 \times 45	1
スパーサ(基板取り付け用)		M3 \times 5	4
スパーサ(BALCON LED用)	廣杉計器	CB-305E (Φ 3 \times 5)	1
つまみ	マーベル	CRD-18020SWT	1
	マーベル	CRD-28020SWT	1
RCA ジャック	アムトランス	AJ320(赤、白)	各2
ヘッドフォン・ジャック	スイッチクラフト	#12	1
ヘッドフォン・ジャック(3.5)	スイッチクラフト	35LJN	1
AC インレット			1
電源スイッチ	IDEC	LB6ML-A1T64WS	1
インサーキット・ブレーカ	IDEC	NRF110-1A	1
ノイズキラー用R		1/4W 120 Ω	1
ノイズキラー用C		200V 0.22 μ F	1
ヘッドフォン・アンプ基板		SKHP-03E	1
スパーサ(IC載せ用)	廣杉計器	ASB-620E (M6 \times 20)	4
六角ボルト(IC載せ用)		M6 \times 20	4
IC ソケット	PreciDip	110-83-308-41-001101	4
オペアンプ	JRC	MUSES 03	4
抵抗	Vishay-Dale	NS-2B 18 Ω	4
	Vishay-Dale	NS-2B 220 Ω	4
	Vishay-Dale	NS-2B 2.2 k Ω	4
コンデンサ	ディップマイカ	15 pF	4
	ERO	MP1840 160 V 10 μ F	2
リレー	OMRON	G6K-2P 24VDC	1
ダイオード	Fairchild	1N4148	1
LED	OptoSupply	OSUB3131A	1

(第2表) 使用した主要部品一覧



〈第4図〉フロント・パネルの加工図

数特性そのままに、良好な波形です。もっとも波形では表されません。

第7図に Panasonic VP-7723B を用いて測定したひずみ特性を示します。第7図 (a) は 15Ω 負荷です。この低負荷でも 3.5Vrms の出力を得ています。第7図 (b) は 33Ω 負荷です。クリッピング・ポイントは、5.6Vrms あたりです。いずれもクリッピングに至るまで、0.2% 以下のひずみです。MUSES 03 の強力な出力段が良好な特性を支えています。

音をよくするポイントは？

何十年も前になりますが、「音のためにいっさいの妥協を排した」とのキャッチ・コピーを見たことがあります。設計をわかっていない広告担当が考えたのでしょうか、最低ですね。アマチュアがアンプをまとめるにも妥協の繰り返しです。ましてメーカーが製品を作るには、はるかに厳しい“落としどころ”を求める作

業が繰り返されるはずで

業が繰り返されるはずで、それともまさか、エンジニア自身がこのように考えていたのでしょうか。そうだとすると、救いようがありませんね。妥協がないということは、これ以上に音をよくできるポイントを何一つ知らないということですから。

ここ数年、ダイナミック・ヘッドフォン用のアンプを作ってきましたが、「妥協」はしているものの、かなり満足できる仕上がりになったのではないかと思っています。では、私はどう考えているか。

(1) 鍵はオペアンプの選定

オペアンプ構成とすることは、オペアンプの選定がもっとも大きなファクターとなります。石アンプではトランジスタの選定がもっとも重要なのですが、増幅回路の大部分、あるいは本機のようにすべてを取り仕切るオペアンプの重要性ははるかに大きなものとなります。

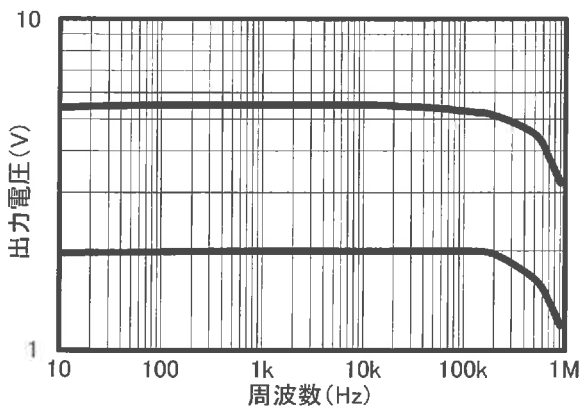
なぜなら、石アンプでも、抵抗のクオリティは重要です。抵抗だけを安物のソリッドからそれなりの音響用に交換すれば、アンプの音はグッとよくなります。ところが、オペアンプでは抵抗も IC チップ上に構成されています。ですから、トランジスタに抵抗を加えたほど大きなファクターとなるからです。

定評のあるオペアンプをいくつか比べましたが、いずれも伸びに欠けるオペアンプ・トーンが感じられました。唯一の例外が MUSES シリーズです。MUSE 03 は、他のオペアンプにはない透明感ある伸びやかなサウンドを聴かせてくれます。現在のところ決定版でしょう。

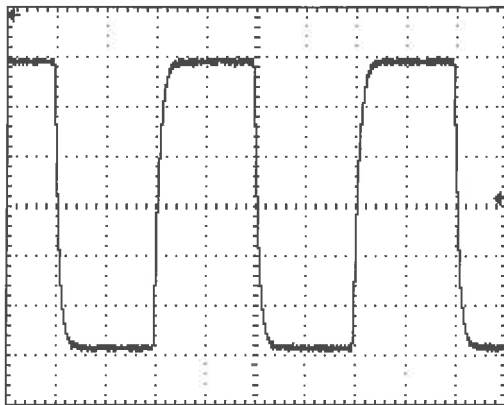
(2) 電源

俗に「アンプの音の半分は電源が決める」といわれますが、まったくそのとおりのと思います。単一乾電池や鉛バッテリーはいい音を聴かせてくれます。インピーダンスが低いからと期待したにもかかわらず、よくなかったのがリチウム・ポリマーで、やっぱり電極が重たいのがよいのか、とも思ってしまう。

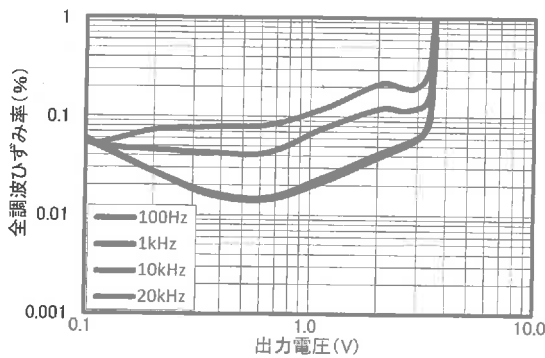
電池を使っているでも定電圧回路を入れるほうがよい、との意見もありますが、たしかに、入れると音は変わります。マニアの間には一定電圧信仰があるようで、電池の電圧が



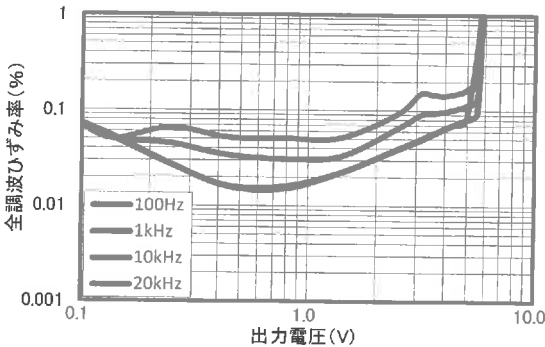
〈第5図〉33Ω 負荷時の本機の周波数特性



〈第6図〉100kHz 方形波出力



〈第7図a〉
15Ω負荷時の全調波
ひずみ特性



〈第7図b〉
33Ω負荷時の全調波
ひずみ率特性

12Vから11Vに下がると「よくない」から一定の電圧にするほうがよい、との教義ですが、断言しますが、その定電圧回路の出力電圧を10%や20%変化させても違いは聴こえません。

個人的には、定電圧回路を入れると増幅段数が増えたように聴こえるのが嫌で、使いません。アンプも、不要な定電流回路とか増幅段数が入ると自然な感じが薄れるので、好きではありません。

それから、定電圧回路を入れたとしても、上流側の電池あるいは電源トランスの音は例外なく聴こえます。結局のところ、オペアンプだけを使うのなら、デメリットはあるもののメリットはありません。

バッテリーは面倒なので商用電源を使っていますが、電源トランス、整流ダイオード、フィルタ・キャパシタのすべてに気を使わざるを得ません。

(3) 受動部品

ディスクリートの石アンプで試し

た限りですが、入力とグラウンドの間の入力抵抗がもっとも音に影響します。そのつぎがフィードバックの分圧回路です。それから、出力に直列に入る保護抵抗。そのつぎがブッシュブル・エミッタ・フォロワのエミッタ抵抗。各増幅段のコレクタ側の負荷抵抗、動作電流を決めるエミッタ側の抵抗、と続き、意外と影響しないのが次段のトランジスタのベースに入れる抵抗、と経験しています。

オペアンプ回路では、影響のトップ3が外付け抵抗となっています。これはオペアンプ回路の音にとってよいことと考えます。

ICチップの上に構成される抵抗は、抵抗体ではありません。半導体です。つまり、FETのドレイン・ソース間電圧対ドレイン電流特性のグラフに示されるように、抵抗値は電圧依存性、つまりは非線形性を有します。信号によって、もろに印加電圧が変動するこれらの抵抗を外に出していることが、音をよくすることにつながります。

外付け抵抗を使用しないアンプICがどれもこれも、ロクでもない音しかない理由のひとつは、ここにあると考えます。

(4) 振動対策

振動対策も同様に重要です。コストが3倍以上かかるのですが、標準的なFR-4の厚みを1.6tから2tにするだけでも、音の芯がしっかりとってきます。ここは真鍮ベースにするるとさらによくなるのですが、コストは30倍以上になってしまいます。私は、作ろうとして挫折したので聴いたことはありませんが、空中配線がよいとも聞きます。いずれも、基板を介した中途半端な振動伝搬を減らせるからだと思います。

もちろん、ケースも重要です。もっと分厚いパネルとしたいのですが、いまでも重いのがもっと重くなるのは困ります。

RCAジャックなどのコネクタも、取り付けるパネルの厚みと材質によって音が変わります。重くて振動しにくいパネルに取り付けると、音像がクッキリとしてきます。機械式ボリュームでも、取り付けパネルやツマミの重さによって音が変わりましたが、これも防振効果のためでしょう。

(5) EVR-3

積年の悩みの種であった機械式ボリュームを廃止できました。ステップ・アッテネータを組まなくてもよくなりました。

以上を考えると、落としどころを選んだのが本機です。最高の電子ボリュームと最高のオペアンプだけを用いた本機は、透明な音色と明確な音像定位、そして、広いパースペクティブを再生してくれます。

お勧めします。音楽に浸れます。

■参考文献

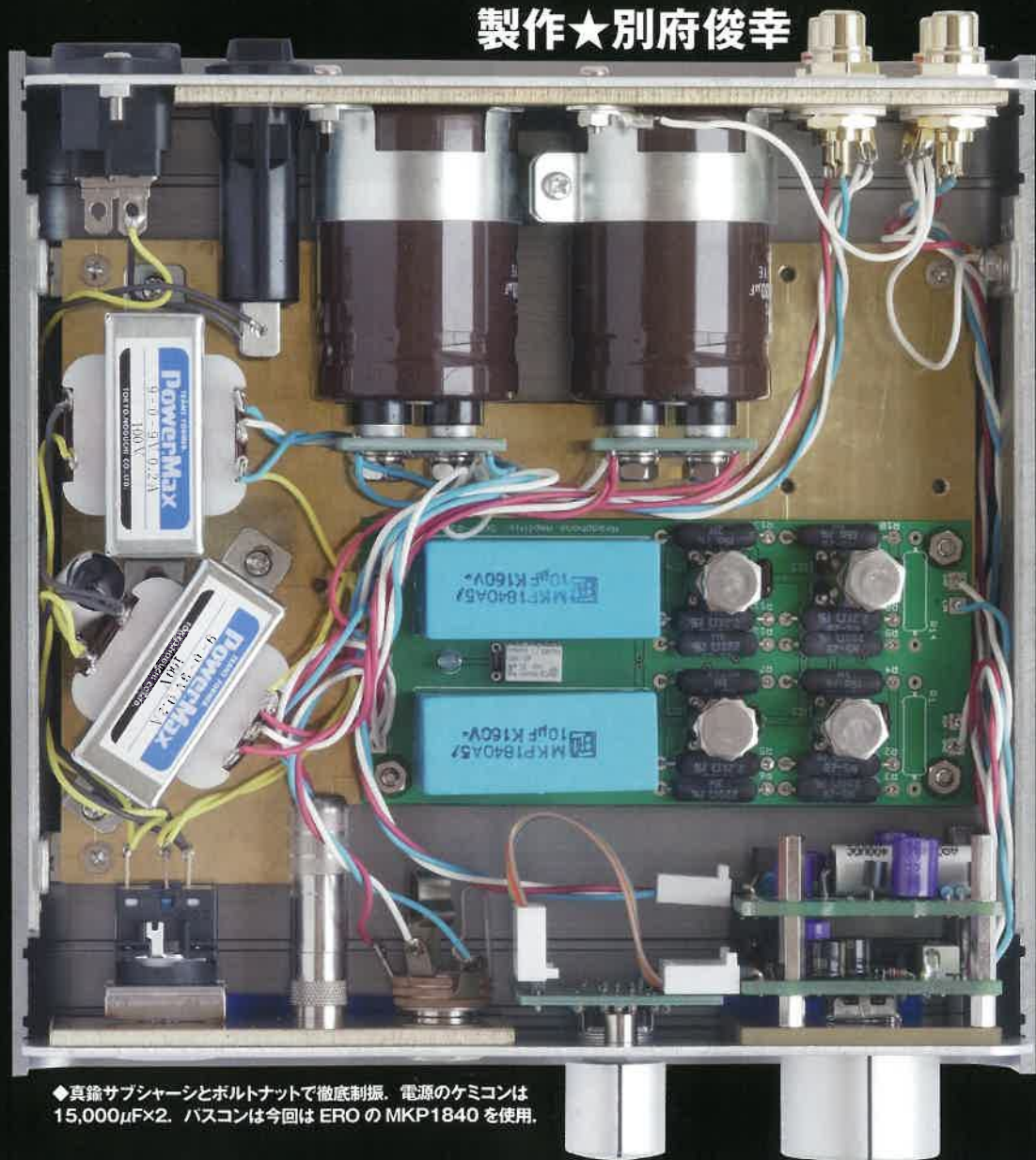
- 1) 新日本無線, NJD7002データシート



◆タカチ CS180-55-180DD に AFS30-12S アルミフットを装着

ノウハウの限りをつぎ込んだ MUSES03 + EVR-3type00 究極のヘッドフォンアンプの製作

製作★別府俊幸



◆真鍮サブシャーシとホルトナットで徹底制振。電源のケミコンは 15,000μF×2。バスコンは今回は ERO の MKP1840 を使用。