VACUUM TUBE

染谷電子製出力トランス使用，3極管接続で出力4.5W

EL82 CSPP パワーアンプ

長島　勝　NAGASHIMA Katsu

CSPP（クロスシャントプッシュプル）の音質を確かめるために製作したパワーアンプ．出力トランスは染谷電子のバイファイラー巻き試作品で，初段は双3極管ECC84のSRPP，位相反転段は双3極管5965Aによるカソード結合型，出力段は5極管EL82の固定バイアス式で3極管接続．EL82の入手難度を考慮して，そのまま代替できるEL86（6CW5）を使用した場合のデータも示し，音質を比較した．EL82では出力4.5W，EL86では出力5.5W．中低域が厚く，ダイナミックさと繊細さを兼ね備えた再生音が得られた．

設計の方針

(1) アンプの規模

CSPP用の出力トランスは特殊で，2本の1次側巻線を一緒に巻いていくため，プレート側の巻線とカソード側巻線が1：1になっています．CSPPは強度のカソードNFBがかかっているのが特徴で，出力段のゲインが非常に小さくなります．その結果，ドライブ電圧が非常に大きくなってしまうので，大出力を狙うアンプでは出力電圧を使ってドライブ電圧をかさ上げするなどして電圧を確保している設計が多いようです．しかし，スピーカー逆起電力などがアンプに悪影響を与えそうで，ドライブ段のかさ上げはしたくなく，小出力という方針にしました．

小出力といっても，6AR5などでは電源電圧が250V付近になり，さらにそれなりのドライブ電圧が必要です．同一出力ならば負荷抵抗が低いほどドライブが楽になるので，なるべく負荷抵抗が小さい出力管を使ってドライブ電圧を抑えることにします．

負荷抵抗と出力とドライブ電圧の関係を**表1**に示します．CSPPでは，ゲインが2倍を超えることはありません．レギュレーター管などの低増幅率管を除いてほとんどの場合μは1以上あるので，ゲインは1.5倍と仮定しました．PK分割のゲインが両方合わせて1.8程度なのと同じ感じです．これらから，**表1**は出力段のゲインを1.5倍として計算してあります．負荷抵抗が下がればドライブ電圧も下がっていくのがわかると思います．

CSPP出力段の動作

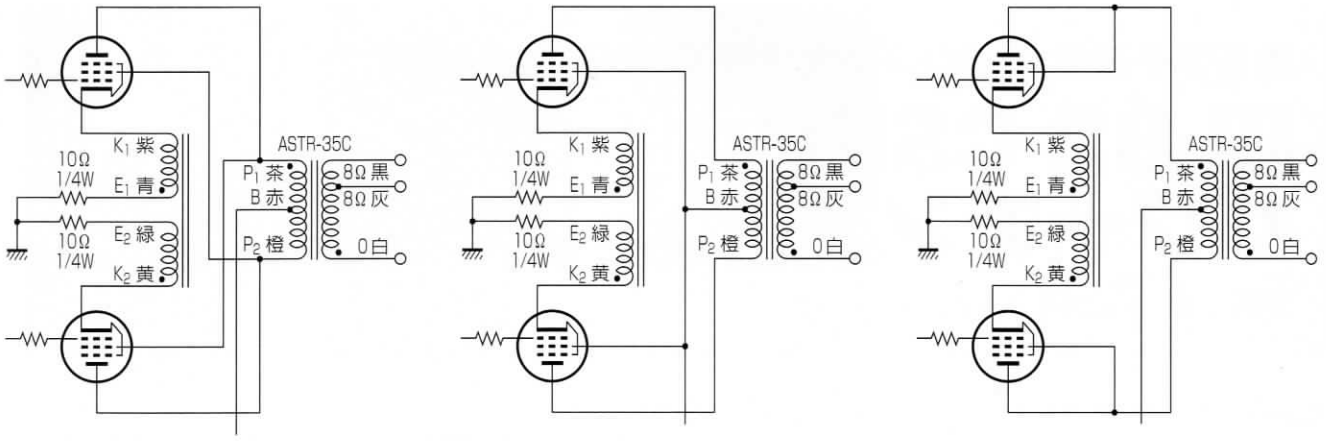
CSPP出力段と一般的なプッシュプル出力段は，出力トランスの巻線構成が異なり，それに伴う回路の違いがあります．

5極管接続(**図1**(a))はスクリーングリッドを反対側のプレートと一緒にしてトランスに結びます．UL接続（**図1**(b)）はスクリーングリッドをB電源にそのまま結びます．こうするとカソードNFBでカソードが振られているので，カソード・スクリーングリッド間電圧が振られてしまうため，50%タップのUL接続と同じ動作になります．5極管接続では，カソードに発生した電圧の分だけ反対側のプレート電圧が上昇します．スクリーングリッド電圧はそこから供給されるので，カソード・スクリーングリッド間電圧が一定に保たれます．

3極管接続（**図1**(c)）は簡単で，

［表1］出力，負荷抵抗とドライブ電圧の関係（ゲイン1.5倍）

	3W	5W	7W	10W	15W
10kΩ	58V_{rms}	75V_{rms}	89V_{rms}	105V_{rms}	129V_{rms}
8kΩ	52V_{rms}	67V_{rms}	79V_{rms}	94V_{rms}	115V_{rms}
5kΩ	41V_{rms}	53V_{rms}	63V_{rms}	75V_{rms}	91V_{rms}
3.5kΩ	34V_{rms}	45V_{rms}	53V_{rms}	62V_{rms}	76V_{rms}



(a) 5極管接続　(b) UL接続　(c) 3極管接続

［図1］CSPP出力段の基本回路

ADZAMブランド（ベルギー）のEL82

EL86/6CW5は現在も比較的容易に入手できる．写真はEi製

PENTODE for use as frame and sound output tube
PENTHODE pour utilisation comme tube de sortie de déviation verticale et de son
PENTODE zur Verwendung als Endröhre für die vertikale Ablenkung und für die Schallwiedergabe

Heating : indirect by A.C. or D.C. parallel supply
Chauffage: indirect par C.A. ou C.C. alimentation parallèle
Heizung : indirekt durch Wechsel- oder Gleichstrom; Parallelspeisung

V_f = 6,3 V
I_f = 800 mA

Operating characteristics as sound output tube, class A push-pull (two tubes)
Caractéristiques d'utilisation comme tube de sortie de son, classe A push-pull (deux tubes)
Betriebsdaten als Endröhre für Schallwiedergabe, Klasse A Gegentakt (zwei Röhren)

V_a	=	170		200		V
V_{g2}	=	170		200		V
R_k	=	100		135		Ω
R_{aa}	=	4		4		kΩ
V_i	=	0	2x9,3	0	2x13,5	V_{eff}
I_a	=	2x46	2x50	2x45	2x52	mA
I_{g2}	=	2x8,7	2x17	2x8,5	2x19	mA
W_o	=	0	9	0	12	W
d_{tot}	=	-	5	-	5	%

Limiting values
Caractéristiques limites
Grenzdaten

V_{a_o}	= max. 550 V		W_{g2p}	= max.	4 W
V_{a_p}	= max. 2500 V[1)]		I_k	= max.	75 mA
$-V_{a_p}$	= max. 500 V		V_{g1} (I_{g1}=+0,3μA)	= max.	-1,3 V
V_a	= max. 250 V[4)]		R_{g1}	= max.	1 MΩ[2)]
W_a	= max. 9 W		R_{g1}	= max.	0,4 MΩ[3)]
V_{g2o}	= max. 550 V		R_{kf}	= max.	20 kΩ
V_{g2}	= max. 250 V		V_{kf}	= max.	100 V
W_{g2}	= max. 2,5 W				

［図2］EL82の規格と動作例（1956年版のフィリップスのデータシートより）

単にプレートとスクリーングリッドを結ぶだけです．

出力トランス

出力トランスのASTR-35Cは染谷電子に試作を依頼したものですが，同社のウェブサイトにデータなどが掲載されており，購入することができます（受注生産）．

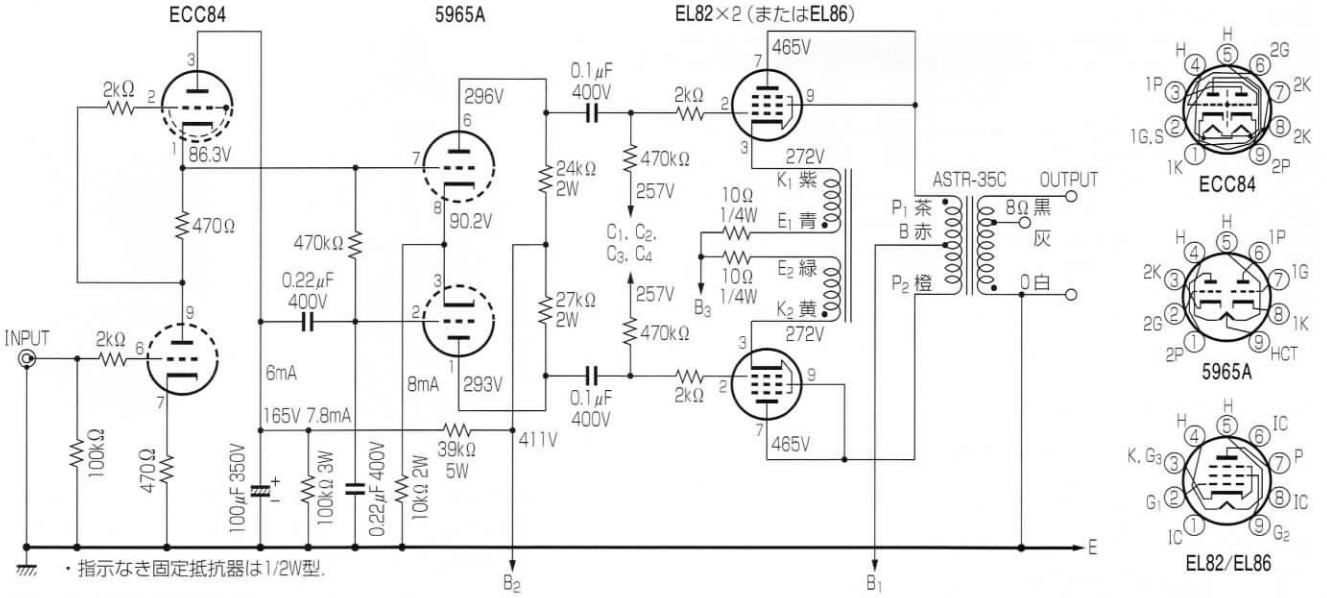
1次側インピーダンスは5kΩと3.5kΩで，定格出力は5Wです．3.5kΩでは5W以上取れるようです．

真空管の選定

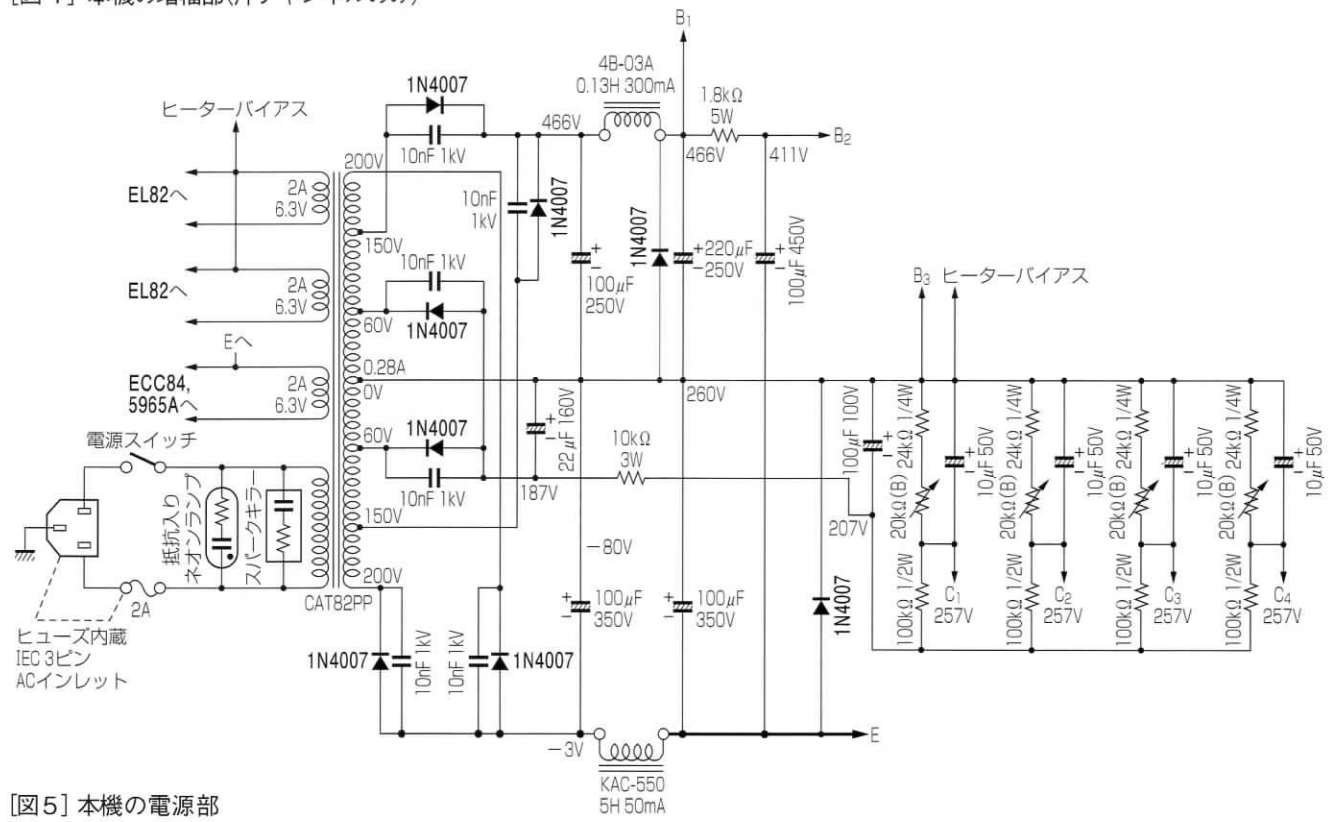
（1）出力管

当初は3極5極複合MT管ECL82（6BM8）を考えていましたが，3極部のシールドが5極部のカソードに接続されているため，3極部を前段に使用すると発振のおそれがあることから，ECL82の5極部に似た傾向の5極管EL82（**図2**）を出力管としました．EL82はプレート損失9Wの垂直偏向出力および音声出力用5極MT管で，ヒーターは6.3V/0.8Aです．

EL82は入手が難しいこともあるので，ピン配列が同じで規格も似ているEL86（6CW5）でも測定・試聴しています．出力管比較の**表2**にはEL84も記載してありますが，あくまでも比較のためで



［図４］本機の増幅部(片チャンネルのみ)



［図５］本機の電源部

ドにも発振防止の2kΩが入っています．初段には4.6mA流しています．

（２）位相反転段とフリッカー抑制コンデンサーの働き

位相反転は5965Aのカソード結合型で，大きな出力電圧が得られるように，ここの供給電圧は411Vとしています．

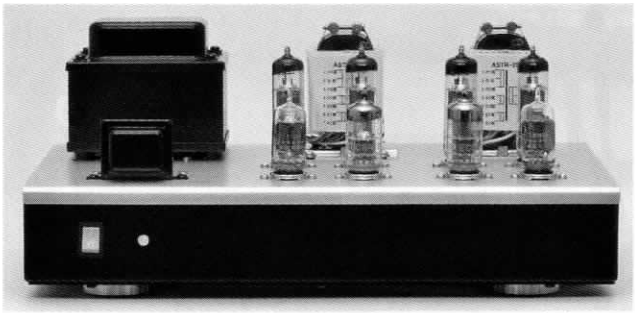
上側のグリッドは，初段SRPPの上側カソードに直接接続されています．5965Aの２つのグリッド間は5965Aのグリッドリークの制限のため，低めの470kΩでつながれています．

上側のプレート負荷抵抗は24kΩで2W型のカーボン抵抗（アムトランスARMG）を使っています．

カソード接地増幅のカソードは下側と共通で，2W型の10kΩ（ARMG）としました．

下側はグリッド接地増幅なので，下側のグリッドは交流的にアースし，位相反転として動作せるために0.22μFが対アース間に入っています．同じく0.22μFが初段B電源間にも入っています．

前号でも解説しましたが，初段の電源との間に入っている0.22μFには，フリッカーを抑える働きがあります．初段はシングル動作なので，フリッカーがあると直流

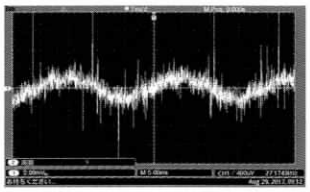


プリアンプの使用を前提に，音量調整ボリュームは省略した．発熱の大きいMT出力管の放熱を考えて，真空管間は十分な距離を取っている

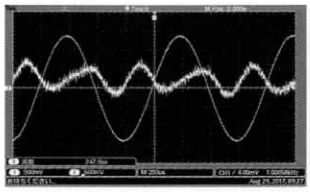
試作の要素の大きいアンプなので，出力トランスはケースに入れず，大型トランスへの換装などの改造の余地を残している

［表4］残留ノイズ

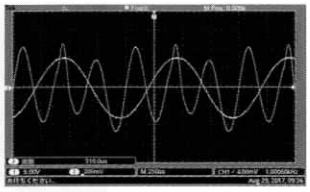
管種	チャンネル	オープン(8Ω)			ショート(8Ω)		
		なし	400Hz	Aウエイト	なし	400Hz	Aウエイト
EL82	Lch〔mV〕	0.68	0.34	0.07	0.25	0.21	0.02
	Rch〔mV〕	0.84	0.34	0.084	0.66	0.25	0.027
EL86	Lch〔mV〕	0.63	0.26	0.065	0.23	0.22	0.026
	Rch〔mV〕	0.68	0.26	0.07	0.49	0.22	0.026



［写真1］EL82の残留ノイズ

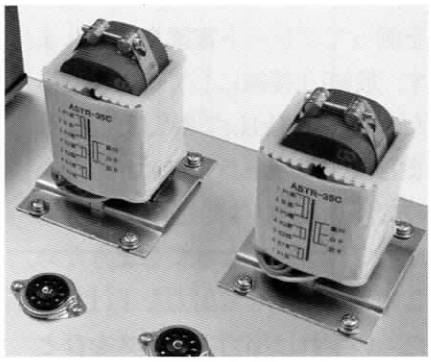


(a) 入力1.0V（入力500mV/div，出力500mV，250μs/div）

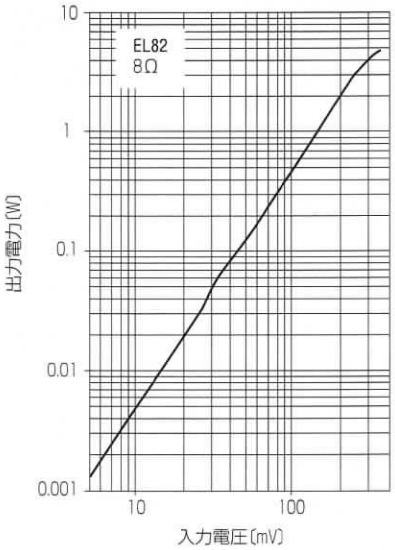


(b) 入力5.8V（入力5V/div，出力200mV，250μs/div）

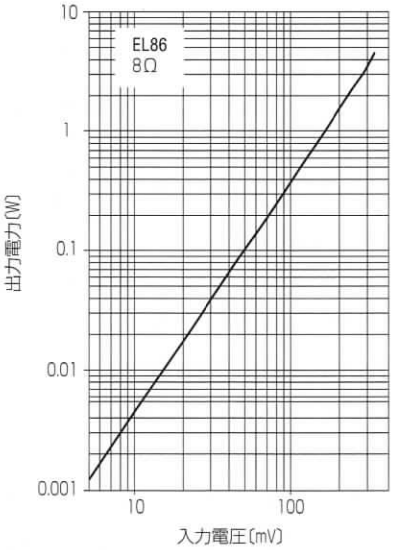
［写真2］EL82使用時の正弦波と歪み成分（1kHz，8Ω）



染谷電子の出力トランスASTR-35C．試作品なので取り付け金具が製品版とは異なる



［図7］EL82の入出力特性（1kHz）



［図8］EL86の入出力特性（1kHz）

F/350Vで濾波してアースとしています．この電解コンデンサーにも並列に1N4007が入っています．これは2階部分にも入れた保護用のダイオードです．

バイアス電源は60Vから全波整流で作りました．

初段および位相反転段のヒーターはアースに接続してあります．また，出力段のヒーターは電源トランスの中点，すなわち260Vのところに結んであります．

設計上の反省点として，電源部をもっとシンプルにすればよかったと思います．

シャシー加工と部品配置

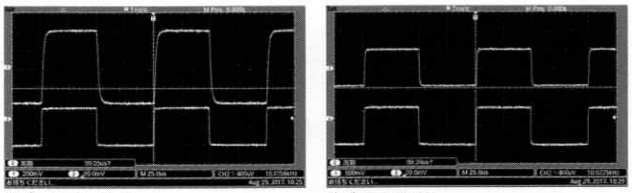
シャシー加工図は**図6**です．

本機に使用した出力トランスは試作品なので実際に販売されるものとは取り付け孔のサイズが違っています．実機の写真と加工図が異なっていますが，これは図を販売される出力トランスに合わせてあるからです．追試の場合は，図の寸法で加工してください．

実装

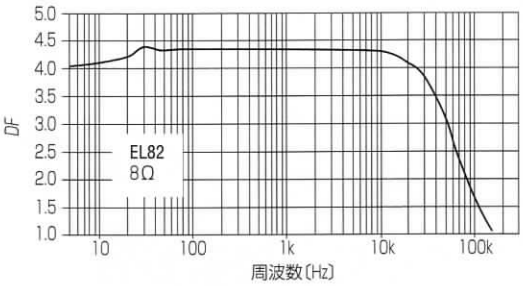
本機は電源回路が複雑なので，電源回路を最初に組み立てました．

まず，バイアス回路のコンデン

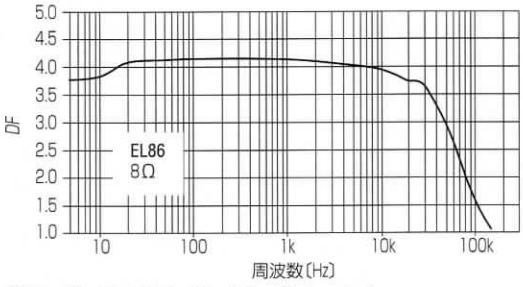


(a) 8Ωのみ　(b) 無負荷

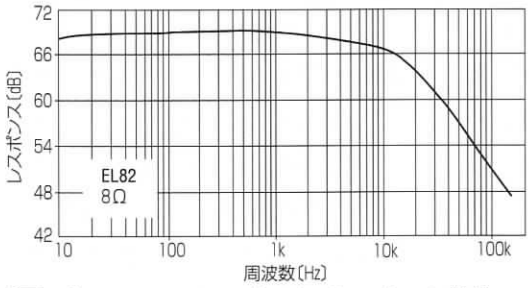
［写真3］ 抵抗負荷時の10kHz方形波応答（上：出力，200mV/div，下：入力，20mV，25μs/div）



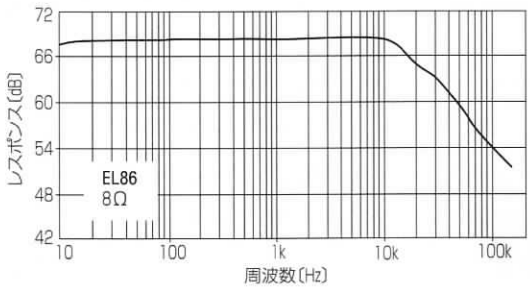
［図13］ EL82のダンピングファクター



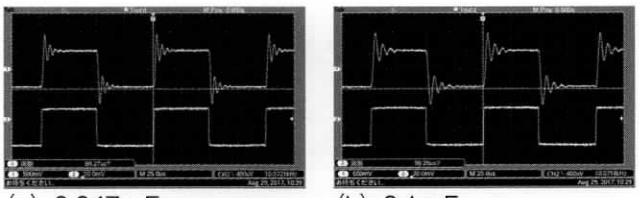
［図14］ EL86のダンピングファクター



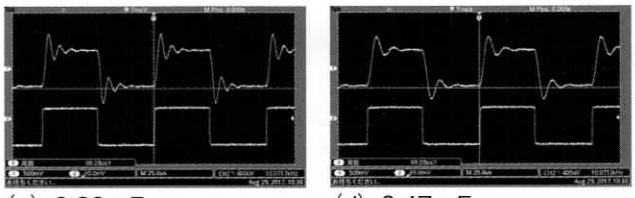
［図15］ EL82のチャンネルセパレーション特性



［図16］ EL86のチャンネルセパレーション特性

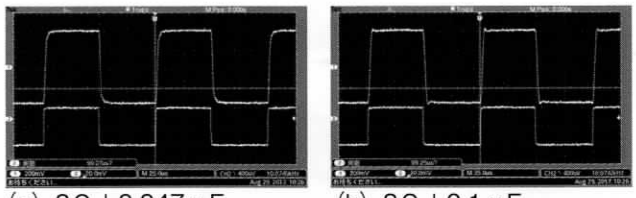


(a) 0.047μF　(b) 0.1μF

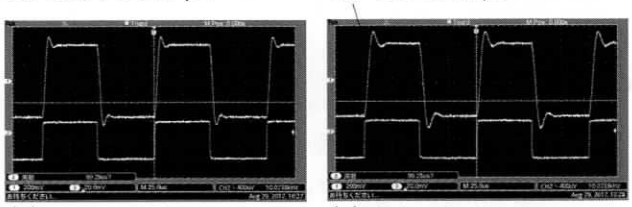


(c) 0.22μF　(d) 0.47μF

［写真4］ EL82使用時の容量負荷時の10kHz方形波応答（上：出力，下：入力，入力：40mVP-P，20mV/div，出力：500V/div，25μs/div）



(a) 8Ω＋0.047μF　(b) 8Ω＋0.1μF



(c) 8Ω＋0.22μF　(d) 8Ω＋0.47μF

［写真5］ EL82使用時の抵抗負荷（8Ω）＋容量負荷時の10kHz方形波応答（上：出力，下：入力，入力：40mVP-P，20mV/div，出力：500V/div，25μs/div）

もダンピングファクターはもう少しほしいところです．30Hzでは何か共振点があるように見えますが，測定時の視誤差でしょう．高域では，ダンピングファクターがだらだら下がっていきます．

チャンネルセパレーション特性は**図15，16**です．

測定データを総合的に評価すると，EL86のほうが優れているようです．

消費電力は静止時80Wで，消費電流は0.89Aになりました．ヒューズは2Aとしています．

ヒアリング

試聴してみて，CSPPには独特の音があるように感じました．

まず，中低域の音が厚いようです．あえて言うならば，「ダイナミックで繊細」というところでしょうか．さらに，音が浮き上がるがごとく見通せます．

EL82とEL86の音質の違いですが，EL86のほうが，よりソリッドな感じを受けました．どちらかといえばEL82のほうが私の好みに合うので，本機の出力管はEL82としました．

来年3月のMJオーディオフェスティバルでデモをしてみたい音質のアンプに仕上がりました．