

初段差動増幅+カスコード接続, 高電圧 $\pm 120\text{V}$ 供給

高耐入力/低ドリフト DCマイクアンプ [設計編]

柴田由喜雄 SHIBATA Yukio



本誌2016年11月号で高耐入力ハイブリッドマイクアンプを発表したが、今回は接合型FET差動増幅にカスコード接続を追加して初段とした構成。初段には2SK30Aを採用したが、それに至る予備実験についても報告。 $\pm 120\text{V}$ という高電圧を供給して耐入力を高め、温度ドリフトの低減技術で出力オフセット電圧変化を低減している。SEPP出力段のコンデンサーを排除した完全DCアンプ構成。マイクアンプカバーは木製（タガヤサン）に黒色の漆塗りを施し、高音質なものに仕上がった。

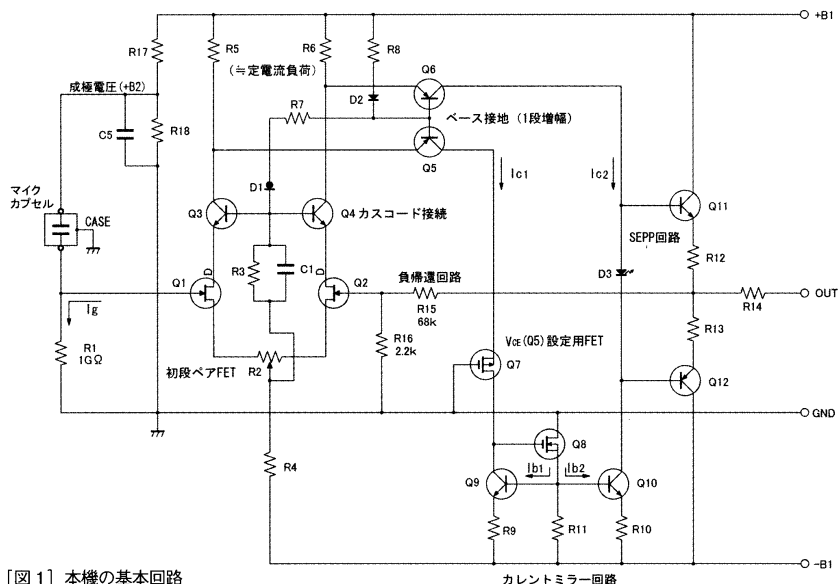
はじめに

すでにご紹介した高耐入力ハイブリッドマイクアンプ（本誌2016年11月号）では、電源を従来のニッケルカドミウムバッテリーお

よび006P乾電池使用から、スイッチング電源採用による高電圧 $\pm 120\text{V}$ に変更して、マイクアンプのクリッピング出力を80Vまで大幅に引き上げた。高いクリッピング出力によって、ゲイン30dB

を持ったマイクアンプにもかかわらず、マイクアンプのゲイン切り換えを不要としたものである。

S/Nを上げつつ、かつ大音量時にマイクアンプがクリップするのを避けるために、たいいていの



[図1] 本機の基本回路

カレントミラー回路

高耐入力/低ドリフト DCマイクアンプ

般向け市販録音機ではマイクアンプに -20dB 程度のアッテネーター選択スイッチ（たとえばソニーPCM-D1 など）、あるいはマイクアンプのゲインを変える感度調整ボリュームが付属している（たとえばローランドR-44 など）。

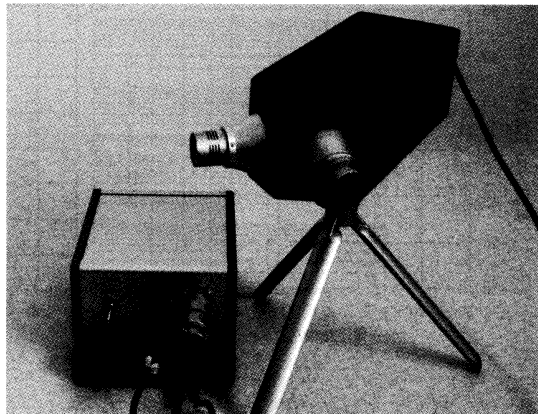
実際の収録時には、それらの選択スイッチあるいは感度調整ボリュームに加え、マイクアンプに続くA/Dコンバーターがクリップするのを防ぐための、マイクアンプの後に設けられたレベル調整ボリュームもあり、2つの異なるクリップを気にしながらそれらの操作を行う必要があった。それゆえ、市販録音機あるいは耐入力の低いマイクアンプでは収録準備に結構時間がかかり、とりわけ一発録りに近い場合は失敗の確率がかなり高かった。

しかし、過大入力に対してマイクアンプのゲインを下げるといった対処は、マイクアンプ筐体内でゲインを持たせて信号を高電圧にしてから、ケーブルで外部機器に送るといった本来のマイクアンプの趣旨にそぐわないものでもある。

本機は初段にFETを用いたソリッドステートのマイクアンプであり、上記高耐入力ハイブリッドマイクアンプと同様に、電源電圧を $\pm 120\text{V}$ に上げて、高耐入力としたものである。そして、DCプリアンプ（本誌2017年8、9月号）の成果を取り入れ、雰囲気温度の変化による出力オフセット変化を極小とした完全DCアンプ構成のマイクアンプである。

基本回路と特徴

図1に本機の基本回路を示す。初段の差動増幅トランジスタ Q_1 、 Q_2 にペアFETを用い、入力抵抗 R_1 の値を $1\text{G}\Omega$ と



〔写真1〕電源部（左）と小型三脚に取り付けたDCマイク部。電源部はスイッチングレギュレーターを使って、アンプ部に $\pm 120\text{V}$ の高電圧を供給。電源部ケースの下は、DC12Vの外部リチウムバッテリー

して、きわめて高い入力インピーダンスとしている。マイクカプセルと R_1 によってマイクアンプの低域増幅限界周波数が決まり、本機では高い入力インピーダンスとすることで、アンプ動作を極力直流アンプに近づけることを狙っている。

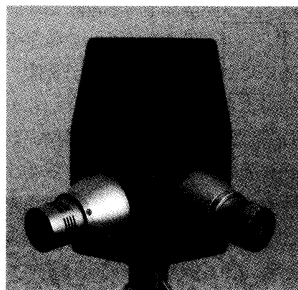
マイクカプセルの出力電圧 ΔV は、可聴帯域にて、 $\Delta V = -(V/C)\Delta C$ 、 $\Delta C \propto p$ である。 V はマイクカプセルの印加電圧（成極電圧）、 C はマイクカプセルの容量、 p は音圧である。実測ではマイクカプセルの出力電圧 ΔV は意外と高く、 $V=60\text{V}$ にて 2V 近く出る場合がある。

そのとき、アンプゲインを32

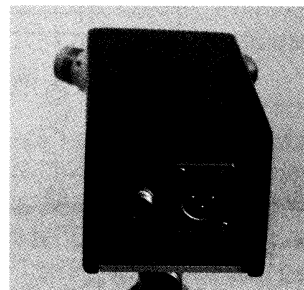
倍（30dB）とすれば、アンプ出力電圧は $2\text{V} \times 32 = 64\text{V}$ にも達する。電源電圧 $\pm B_1$ も $\pm (90\text{V} + \text{電圧ロス})$ 以上とする必要がある。アンプゲインを維持しつつ、マイクアンプのクリップを防ぐために、本機では $\pm B_1$ を十分に高くした。ここに、本機の1つの特徴がある。

マイクカプセルの成極電圧は、一般のマイクカプセルでは48V程度（ファンタム電源）が普通であるが、本機では少し高め60Vとした。成極電圧を高くすることで出力電圧 ΔV を高くすることができ、微細な分解能をよくすることができると思ったからである。

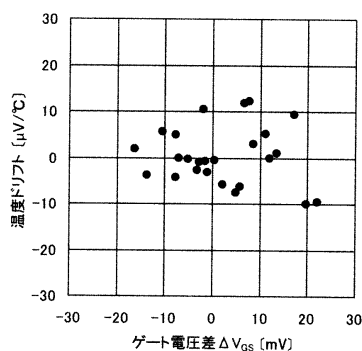
初段の Q_1 、 Q_2 にはトランジスタ Q_3 、 Q_4 をカスコード接



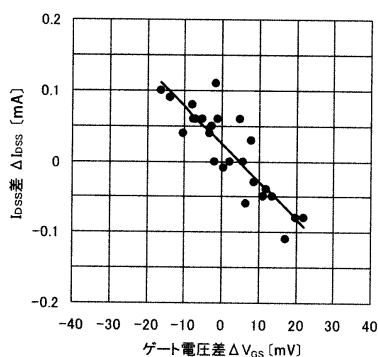
〔写真2〕90°に開いたマイクカプセルはジョップス製のMK-41を使用



〔写真3〕リアパネルにはXLR出力コネクタ、その左はSP電源コネクタ



(a) 温度ドリフト



(b) ΔV_{GS} と ΔI_{DSS} の関係

[図2] 2SK58 の温度ドリフト測定例

続する。概して小信号FETの V_{DS} （耐圧）は20～50Vと低く、 $+B_1$ ほど高くない。また、接合型FETの場合、そのノイズが $V_{DS}=10V$ あたりから V_{DS} を上げるにつれ増加する。よって、 Q_3 、 Q_4 をカスコード接続して、 V_{DS} =数V程度となるようにしている。

Q_1 、 Q_2 の負荷（≡トランジスタ Q_5 、 Q_6 のエミッター抵抗 r_e ）はその値が低いので効果は小さいと思われるものの、 Q_3 、 Q_4 のカスコード接続を追加することによって、 Q_1 、 Q_2 の C_{rs} （ V_{DS} に対し非線形）による非線形なミラー効果を低減することもできるであろう。

抵抗 R_5 、 R_6 は、 Q_5 、 Q_6 のエミッター抵抗 r_e の大きさより十分に大きい抵抗値を用いているので、実質的に抵抗 R_5 、 R_6 は定電流源として作用する。抵抗 R_5 、 R_6 や R_4 は、トランジスタを用いた定電流回路とすることもできるが、今回はトランジスタに起因する温度ドリフト要因を減らす意図であえて単純な抵抗を用いた。回路もより簡素になる。

ベース接地の Q_5 には、その V_{CE} 設定用（ Q_5 と Q_6 の発熱量を揃えるため）にトランジスタ Q_7 を入れ、カレントミラー回路トランジスタ Q_9 、 Q_{10} からの電流が Q_6 のコレクター電流と合成されて、終段トランジスタ

Q_{11} 、 Q_{12} からなるSEPP回路を駆動する。

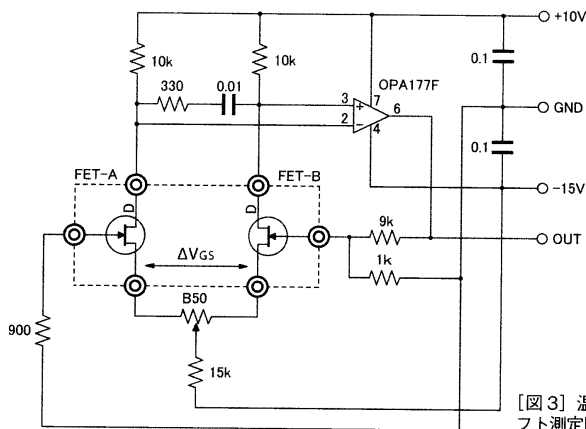
Q_7 にMOS-FETを用いることで、バイポーラトランジスタを用いた場合のベース電流の温度変化をなくすることができる。カレントミラー回路 Q_9 、 Q_{10} のベース電流（ I_{b1} 、 I_{b2} ）はMOS-FETの Q_8 から供給して、 Q_9 、 Q_{10} のベース電流の温度変化によるコレクター電流変化 $\Delta(I_{c1} - I_{c2})$ がもたらす出力オフセット変化を低減している。これらの手法は、前記DCブリッジの製作で得られた温度ドリフト低減技術を応用している。

SEPP出力は、直流電圧カット出力コンデンサなどを介さずに、直接、接続機器（A/Dコンバータ）への出力とする。完全DCアンプ構成となっている。

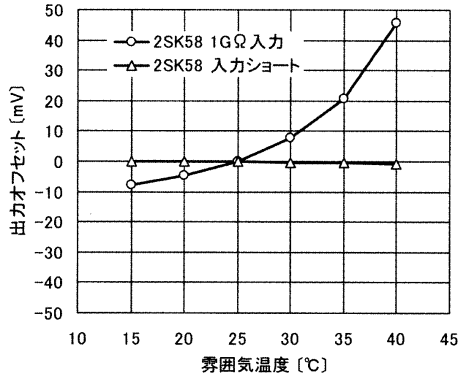
本機では、初段ペアFETの温度ドリフトに関して詳細に検討した。次に述べる初段ペアFETの選択に、本機のもう1つの特徴がある。

初段ペアFETの選択

初段差動増幅に用いるペアFET（ Q_1 、 Q_2 ）がアンプの温度ドリフト特性に与える影響はきわめて大きいといえるであろう。本機では、主に2SK58、2SK241、



[図3] 温度ドリフト測定回路



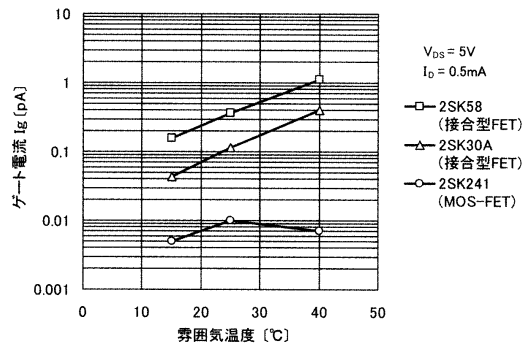
〔図4〕2SK58を用いた場合の出力オフセット測定例

2SK30Aについて検討(予備実験)を行った。最終的には、本機の初段FETには2SK30Aペアを採用したが、以下、その経緯を含め、順に説明する。

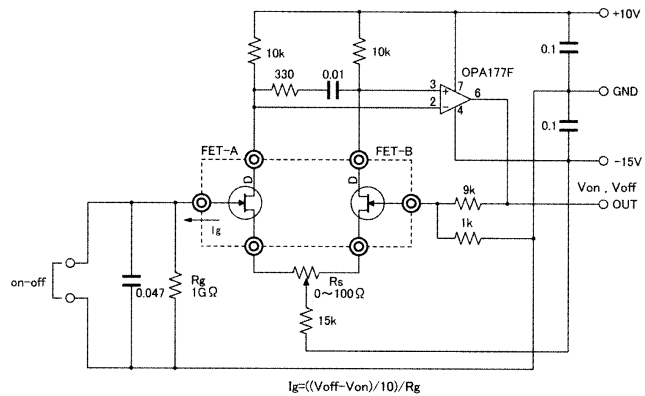
まず、接合型デュアルFETである2SK58を試してみた。2SK58は、前記DCプリアンプの製作記事でご紹介したように、オフセット変動(雰囲気温度変動によるオフセットの時間的変動)が小さいデュアルFETである。

図2(a)に2SK58の温度ドリフト測定結果例を示す。温度ドリフトは、図3に示す回路で測定した(以下、ほかのFETも同じ)。雰囲気温度を20℃から40℃に変えて、そのときの出力変化から温度ドリフト($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)を求めた。供試ペアFETがすべての温度ドリフト要因とみなして、以下、測定した温度ドリフト量を供試ペアFETの温度ドリフトと呼ぶことにする。

図2(a)より、 ΔV_{GS} を横軸にとってプロットすると、2SK58の温度ドリフトは ΔV_{GS} にかかわらず(相関がなく)大きくばらつく。おおむね $\pm 10\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 以内のオーダーでばらつく。参考として、ゲート電圧差 ΔV_{GS} と I_{DSS} の関係をプロットすると



〔図5〕ゲート電流測定例



〔図6〕FETゲート電流測定回路

(図2(b))、これは相関があるようである(おおむね g_m と関与)。

結局、温度ドリフトは、 ΔV_{GS} や ΔI_{DSS} などとはほとんど無関係にばらつく結果となった。温度ドリフトの小さいペアFETを選ぶには、 ΔI_{DSS} 選別に加えて、さらに温度ドリフトを別途測定するしか手がないようである。

図2(a)の中で温度ドリフトが小さいものを選び、それを実験回路(本機最終アンプの回路と同じ)の初段FETに用いて、雰囲気温度を変えながら、出力オフセットの変化を測定した。実験回路のアンプ基板は静穏な雰囲気中に露出して置き、入力は1000pFのコンデンサーでGNDに落としている。

図4に、その測定結果例を示す。

図4より、2SK58はかなりゲート電流が多く、ペアFETの温度ドリフトを云々する前に、ゲート電流と R_1 (1GΩ)によって大きな出力オフセットが生じる。ゲート電流は、温度に対して指数関数的に増大するので、出力オフセットも温度上昇に対して指数関数的に増大する傾向になる。

R_1 をショートすると出力オフセット変化は激減する。2SK58は小さなオフセット変動に魅力があったが、ゲート電流の多さから本機では使えない。

ここで、2SK58、2SK241、2SK30Aについて、ゲート電流 I_g を測定した結果を図5に示す。測

定は図6の回路で行った。図5の中、ゲート電流 $I_g < 0.01\text{pA}$ は測定誤差と思われる。図5より、たとえば雰囲気温度が 15°C から 40°C に変わったとき、出力オフセット変化は、2SK58がおおよそ 30mV 、2SK241が 0mV 、2SK30Aがおおよそ 10mV と算出される。

許容出力オフセット変化を $\pm 5\text{mV}$ 程度にすれば、2SK58は使用不可、2SK241は使用可、2SK30Aはうまくすれば使用可、ということになる。接合型FETでは、概して g_m の大きなFETはゲート電流 I_g が大きい傾向にあり、たとえば2SK97は

2SK58の10倍以上に増大する。

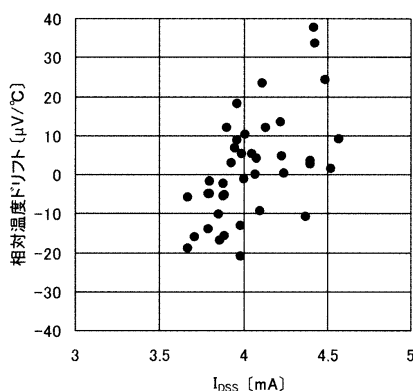
次に、MOS-FETである2SK241の温度ドリフト測定結果例を図7に示す。供試した2SK241のうち、基準となるものを1個定め、それに対する相対的な温度ドリフト測定例である。ペア組はしていない。図7の横軸には、便宜的に I_{DSS} をとっている。

2SK58の場合と同様にして、前記実験回路で出力オフセット変化を測定した。その測定結果例を図8に示す。MOS-FETであるのでゲート電流の影響はない。相対温度ドリフトの近いものを用いれば、温度ドリフトに関する問題点はないように見える。

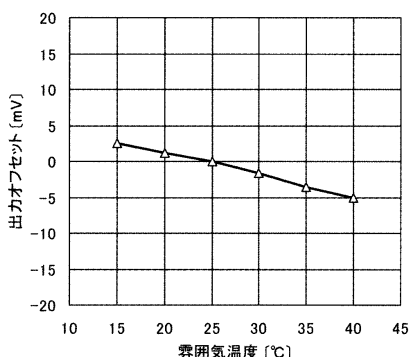
しかし、一連の温度ドリフト測定の後でわかったことであるが、2SK241のノイズは結構多い。図9に2SK30Aと比較した2SK241の歪率特性を示す。出力電圧が下がるにつれて歪率が上昇する部分がノイズの影響を示している。実使用状態での聴感上のノイズの質は確認していないが、数値上は2SK30Aの4倍以上もある。

かなり以前、オーディオ用中出力MOS-FETの2SK215を実使用してよい感触があったので、今回小信号用の2SK241を一抹の不安を持ちつつ試したが、やはり、所詮は低インピーダンス、数mAの I_{DSS} で使う高周波用(VHF用)ということなのであろう。2SK241のノイズの多さは期待はずれの感がある。

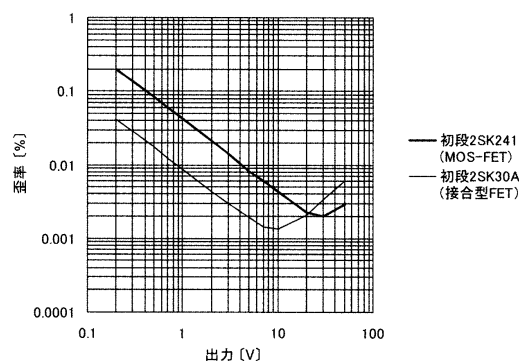
図10に接合型小信号FETの代表格である2SK30Aの温度ドリフト測定結果例を示す。あらかじめ、 ΔI_{DSS} が 0.1mA 以内の中から、 ΔV_{GS} が 0.3mV 以内でペア組を行い、供試ペアFETとした。図10において温度ドリフトが小さいものを選び、その出力オフセットの変化を前記実験回路で測定した。その測定結果例を図



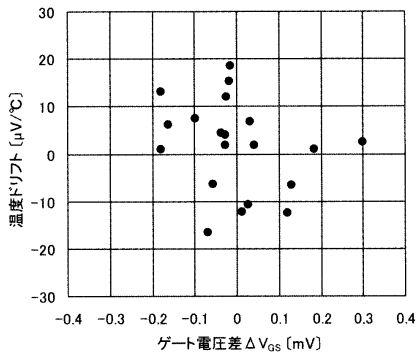
〔図7〕2SK241の相対温度ドリフト測定例



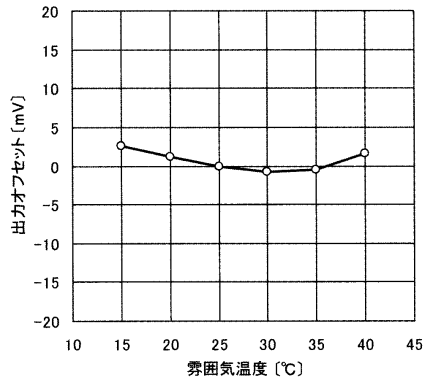
〔図8〕2SK241を用いた場合の出力オフセット測定例



〔図9〕2SK241と2SK30Aの歪率比較



[図 10] 2SK30A ペアの温度ドリフト測定例



[図 11] 2SK30A ペアの出力オフセット測定例

11 に示す。雰囲気温度 30℃以上のゲート電流による出力オフセット増加が(図 5 も参照)、それとオーダーの近い元来の温度ドリフト特性(負の勾配)によって緩和される形になっていると推察される。15～40℃にて出力オフセットが-1mV～3mVに収まっており、概してほどよい特性である。

以上の検討から、初段 FET の選択に回り道をしてしまったようであるが、結局は、従来の FET 入力マイクアンプと同じ、総合的なバランスが良い 2SK30A ペアを採用することにした。

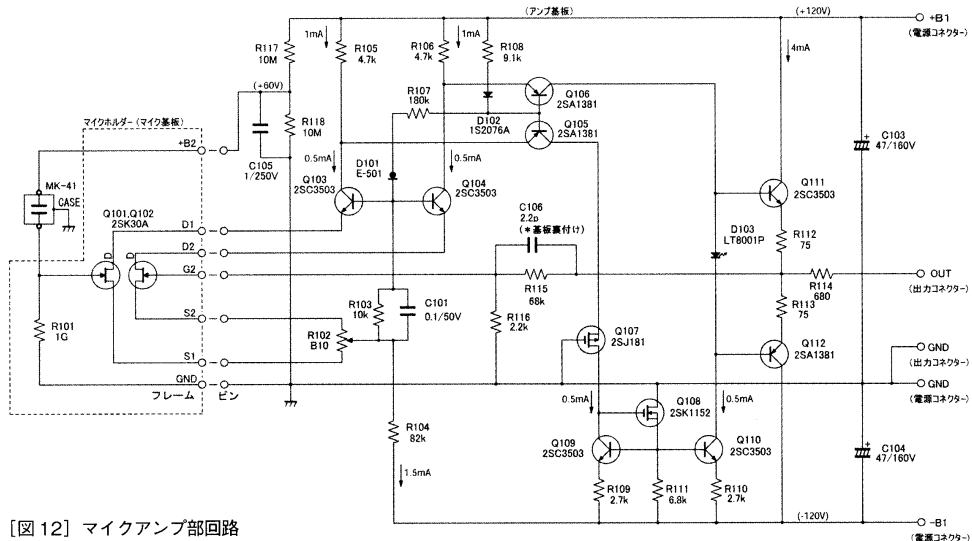
アンプ部回路

図 12 に本機のアンプ部回路を示す。マイクカプセルにショップス MK-41 を用い、マイクカプセルには +B₁ (120V) を R₁₁₇ と R₁₁₈ (ともに 10MΩ) で分割した電圧 (60V) を印加する。マイクカプセルの出力は、Q₁₀₁ (2SK30A) のゲートに印加される。R₁₀₁ (1GΩ) はマイクカプセルの電荷を充電する役目も持っている。

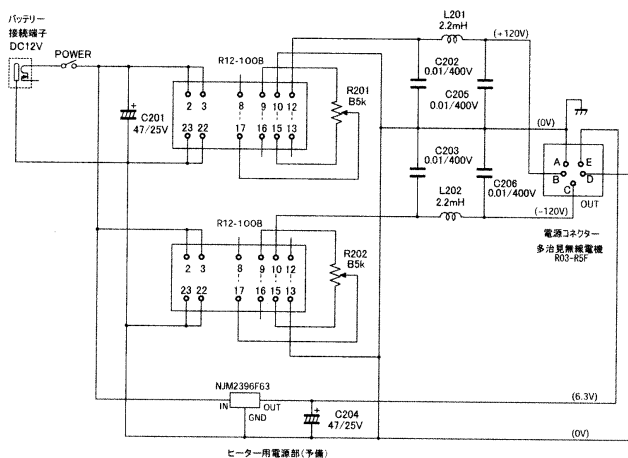
差動増幅 Q₁₀₁ と Q₁₀₂ (ともに 2SK30A) のドレイン電流は、カ

スコード接続された Q₁₀₃, Q₁₀₄ (ともに 2SC3503) を経て、ベース接地トランジスタ Q₁₀₅, Q₁₀₆ (ともに 2SA1381) のエミッターに注入される。Q₁₀₁ と Q₁₀₂ の V_{DS} は定電流ダイオード D₁₀₁ (E-501, 0.5mA) と抵抗 R₁₀₃ (10kΩ) の生成電圧で規定され、およそ 5V としている。

Q₁₀₅ のコレクター電流は Q₁₀₇ (2SJ181) を経て、カレントミラー回路 Q₁₀₉, Q₁₁₀ (ともに 2SC3503) で反転して、Q₁₀₆ のコレクター電流と合成され、Q₁₁₁ (2SC3503) と Q₁₁₂ (2SA1381)



[図 12] マイクアンプ部回路



〔図13〕電源部回路

を駆動する。Q111とQ112のアイドリング電流は、赤色発光ダイオードD103 (LT8001P) で規定されている。

動作電流は、初段FETが0.5mA、Q105～Q107、Q109、Q110が同じ0.5mA、終段のQ111、Q112を4mAとしている。電圧増幅段の0.5mAは適度なスループートを維持できる電流値とし、終段の4mAは発熱量を考慮した電流値である。出力電圧が大きい場合、外部負荷インピーダンスが18kΩ以上で終段がA級動作、それ以下ではAB級動作になる。

アンプゲイン ($A = (R_{115} + R_{116}) / R_{116}$) は32倍 (30dB) と

している。マイクアンプとしては適度なゲインであろう。本機の出力は、入力感度580mVのA/Dコンバーター (本誌2014年8月号) に直接接続することを想定している。

電源部回路

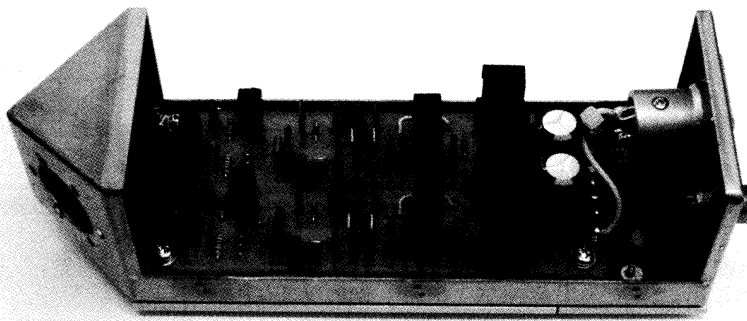
図13に電源部回路を示す。前記高耐入力ハイブリッドマイクアンプでは高電圧 $\pm B_1$ ($\pm 120V$) を得るために、出力電圧 $\pm 15V$ (30V) のスイッチングレギュレーターユニットを計8個用いていたが、本機では1つのユニットで120Vの高電圧出力が得られる小型のユニット (RECOM, R12-

100B) を試してみた。バッテリーを外部接続としたので、バッテリーチェックなども省略して、かなりすっきりしたものとなる。

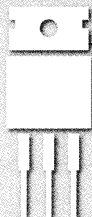
R12-100Bの仕様は12V入力、出力電圧50～135V可変、出力電流50mA、効率82%、大きさ31.8×20.3×9.4mmである。スペックの割には、かなり小さい製品である。出力電流50mAは少ないようであるが、全消費電流10数mAの本機では十分であり、むしろ過電流保護回路によって、誤配線やショート事故などにおけるアンプ部へのダメージを小さくできる。

本機では、マイクアンプ部で電源からのスイッチングノイズが観測されたので、電源 $\pm B_1$ 出力部にLCからなるノイズフィルターを追加して設けている。ノイズ面では、前記高耐入力ハイブリッドマイクアンプ用電源のほうが優れている。

なお、前記高耐入力ハイブリッドマイクアンプで製作した電源部が本機でもそのまま使える。相互に互換性のある電源である。本機の6.3V電圧出力は、前記高耐入力ハイブリッドマイクアンプでも使えるように設けたもので、本機で使用するものではない。製作については次号で述べる。



〔写真4〕ケース内部の増幅部のようす。左側の三角部にマイクカプセルを取り付ける。基板の下には見えないが、出力オフセット調整用の半固定VRが取り付けられている。



初段差動増幅+カスコード接続, 高電圧±120V供給

高耐入力/低ドリフト DCマイクアンプ [製作編]

柴田由喜雄 SHIBATA Yukio



接合型FETを用いた初段差動増幅にカスコード接続を追加し, SEPP出力段のコンデンサーを排除した完全DCマイクアンプ。外部バッテリー電圧12Vからスイッチング電源で±120Vの高電圧を得てアンプ部に供給。木製(タガヤサン)のマイクアンプカバーの内側は銅箔でシールドし, さらに鉛板を貼ってダンプ。音質はショップス製のマイクカプセルと木製マイクカバーによって決まるといってよく, 深みのある重厚な音質で, 乾いたシャリシャリとした音とは一線を画すものがある。

製作

マイクアンプ部と電源部は別筐体とし, それらを電源ケーブルで接続する。そのケーブル端子に加え, マイクアンプ部筐体にはマイクアンプ出力用端子を設け, 電源部筐体にはバッテリー接続用の端子を設ける。

図14(前号より連番)にマイクアンプ筐体図を示す。マイクアンプ筐体は, ①マイクアンプ

筐体ベース, ②マイクカプセル(MK-41), マイクアンプ筐体ベースとマイクカプセルを結合する③マイクホルダー, カメラ三脚に取り付けるための④スタンドホルダー, 木製の⑤マイクアンプカバーなどの部材から構成されている。

マイクアンプ部の配線はマイク基板とアンプ基板の2つのプリント基板から構成し(前号の図12参照), マイク基板は初段FET

ペアと高抵抗 R_{101} を搭載してマイクホルダー内に収め, アンプ基板はマイクアンプ筐体ベースに取り付ける。

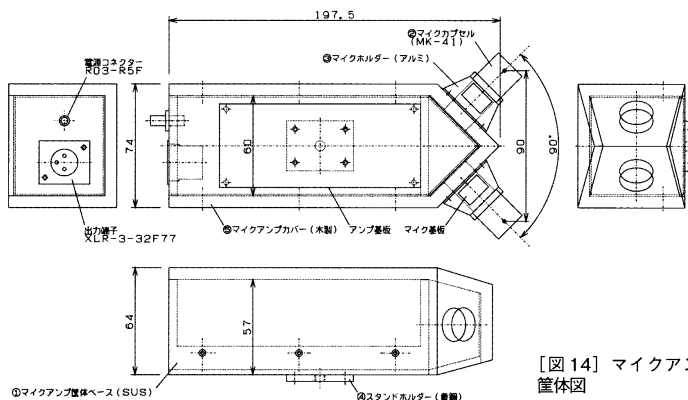
マイク基板をマイク部回路から切り離して別途設けたのは, Q_{101} ゲート電極の $1G\Omega$ といった非常に高いインピーダンスを考慮して, Q_{101} ゲート電極とマイクカプセル電極との距離を最短とする意図による。

マイク基板~アンプ基板間配線

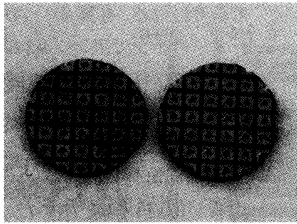
は, アンプ基板に設けた5ピンおよび2ピンのピンヘッダーとマイク基板からの線材に設けたフレームを用いて行う。

(1) マイク基板の製作と配線

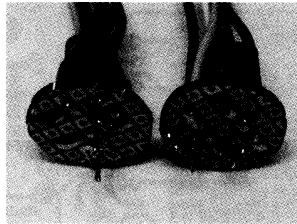
マイク基板は, 金フラッシュされた両面ユニバーサル基板を $\phi 17\text{mm}$ の円形に切り出し(写真1(a)), 基板上に部品と線材を取り付け(写真1



[図14] マイクアンプ筐体図



(a) 両面ユニバーサル基板をφ17mmの円形に切り出す

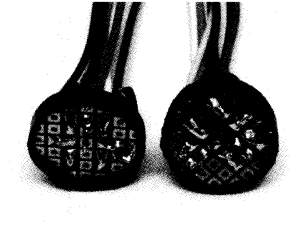


(b) 基板に部品と線材を取り付ける



(c) 2本の2SK30Aと抵抗16Ωを取り付ける

〔写真1〕マイク基板の加工と部品取り付け、リード線のハンダ付け



(d) 基板外周に絶縁用のゴム薄板帯を接着剤で貼り付ける



(e) マイクホルダー内にマイク基板を接着剤で固定する

(b), (c), 基板外周に絶縁用の $t0.5\text{mm}$ ゴム薄板帯を接着剤で貼り付け (写真1 (d)), マイクホルダー内にマイク基板を圧入しながらしっかりと接着固定する (写真1 (e)).

図15にマイク基板の配線図を示す。Q101とQ102は瞬間接着剤で熱結合しておく。

マイク基板の部品面と反対側には、Q101 ゲート配線用および +B2 配線用の4mm 程度の短い端子を構成しておく。その端子とマイクカプセルの電極間を極力短く配線する (2cm 以内)。

本機では、マイクカプセル背面の中心電極にゲート配線を接続し、そのまわりのリング状の電極に +B2 配線を行っている。これら2つの電極は、カプセルケースから絶縁されている。カプセルケースは、アンプ基板のGNDと接続する。

マイクカプセル電極への線材ハンダ付けは、マイクカプセルの温度が上がらないように手短に行う。

(2) アンプ基板の製作

図16にアンプ基板のプリント基板パターン (図 (a)) と部品配置 (図 (b)) を示す (いずれも部品面より見る)。片面ガラスエポ

キシ基板である。アンプ基板には、いくつか使用しなかった部品孔もある。図の左方から右に向かって入力から出力となっている。基板の上半分 (Rch) と下半分 (Lch) は、一部を除き同様のパターンとしている。

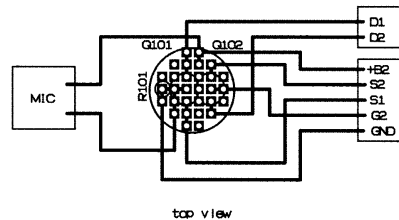
初段のFET (2SK30A) には、温度ドリフトが測定誤差を含めて $5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 以下の選別したペアを使用している。Q105とQ106およびQ109とQ110は、 h_{FE} が同程度の選別したトランジスターを用いている。

Q103とQ104, Q105とQ106, Q109とQ110はエポキシ接着剤で対向して貼り合わせて熱結合する。本機ではQ109のリード線から熱がアンプ基板に逃げるのを防ぐために、Q109のリード線を根元で1~2mm程度になるよう切断し、細銅線を継ぎ足している。Q109の温度をQ110に極力近づける処置である。

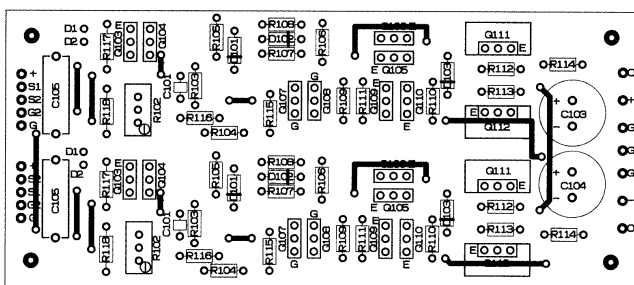
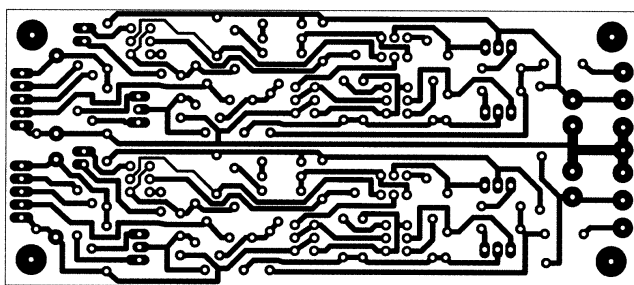
本機に用いた2SA1381と2SC3503はサンヨー製ではなく、フェアチャイルド製を用いている。サンヨー製の場合は、熱結合をするときに $t0.5\text{mm}$ 程度の絶縁材 (たとえばガラスエポキシ板) を挟む必要がある。

Q111とQ112は、1本あたり480mWの発熱量があるので簡易的な放熱器を必要とする。本機では折り曲げられたアルミ板による小型の放熱器を装着した。

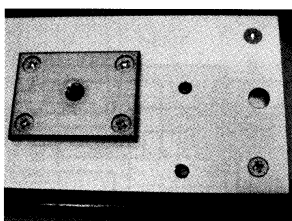
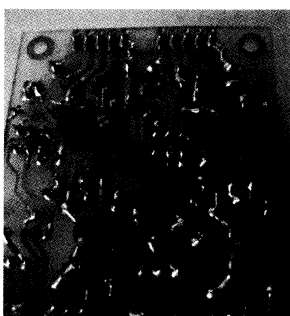
出力オフセットを調整する半固定抵抗R102 (多回転型) は、アンプ基板の裏側 (下側) に取り付け (写真2)。アンプ基板にあけたφ1.2mmの孔にスルーホールピ



〔図15〕マイク基板の配線 (端子記号は前号のマイクアンプ部回路図を参照)



(b) 部品配置面 (太い線はジャンパー線)



ンを通し、スルーホールピンの孔に R_{102} のリード線を通して部品面からハンダ付けしている。

出力オフセットを調整する際には、マイクアンプ筐体ベースの対応する位置にあげられた小孔(写真3)にドライバを差し込んで、マイクアンプ筐体の外から調整する。

アンプ基板は、マイクアンプ筐体ベースに4個の六角スペーサー

で取り付ける (写真4)。六角スペーサーのネジでアンプ基板のマイクアンプ筐体ベースへのGNDをとる。

(3) 電源部の製作

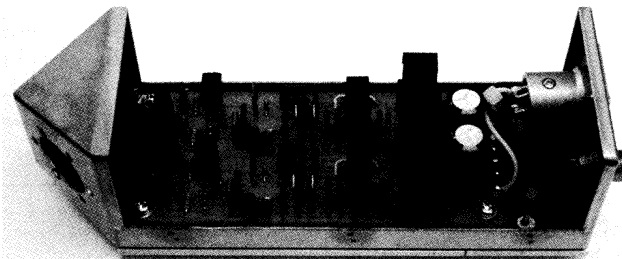
電源部筐体には、タカチ電機工業CH6-11-14を用いた。本機の電源はかなりコンパクトなので、使用したケースも小型のものである。写真5に電源部筐体内部のようす、写真6に電源部の外観を示す。パネルには電源スイッチ、外部バッテリー入力コネクター、6.3V・120V出力コネクターを配置している。

図17に電源部プリント基板パターン(図(a))と、部品配置(図(b))を示す(いずれも部品面より見る)。片面ガラスエポキシ基板である。

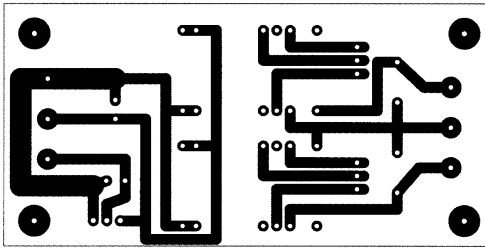
追加して設けた $\pm B_1$ 経路のLCノイズフィルタは小型のユニバーサル基板で配線している。

実際に使用する場合は、電源部筐体を立てて使用する場合があります。また、見えない背面に端子類があると使い勝手が悪い。そこで、バッテリー接続端子や出力端子、電源スイッチなどすべてを前面パネル側に配置した、背面パネルには端子類がない。

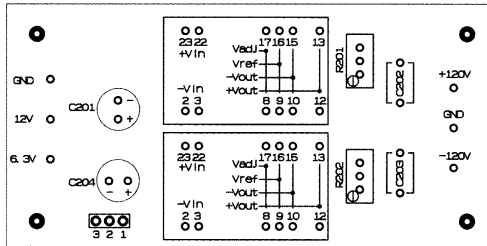
6.3V の IC レギュレーター (NJ
M2396F63) を電源部筐体の底



高耐入力/低ドリフト DCマイクアンプ



(a) 部品面から透視したプリントパターン（銅箔図）



(b) 部品配置面

【図17】電源部基板（縮小80%）

板に取り付けているが、前号で述べたように、本機では使用しない。

外部バッテリーに比較的小コンパクトな（181×110×20mm）日本トラステクノロジ製バッテリー XP18000A（リチウムイオン、18000mAh, 3.7V）のDC12V出力を用いている。満充電で20時間程度はもつであろう。もちろん、DC12Vであれば、別のバッテリーあるいはACアダプター（DC12V, 2A）でも使える。

(4) 木製のマイクアンプカバー

本機のマイクアンプカバーは、好結果を得た前記高耐入力ハイブリッドマイクアンプと同じ構造とした。木製材料（鉄刀木（タガヤサン））を用いている。1つの材料からの削り出しであり、加工は笠山工房（笠山拓也氏、碧南市）にお願いした。

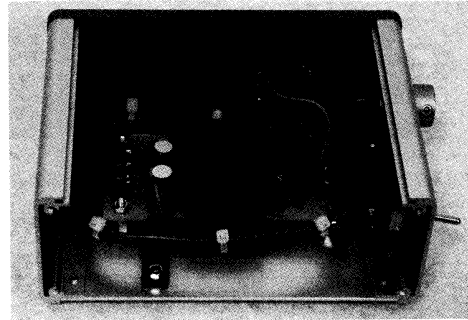
マイクアンプカバー外表面は黒色の漆塗り（ろ色漆）を施している。漆塗り（薄膜）が音質に影響を及ぼすとは考えにくい、見た目の美しさは音質評価の姿勢に微妙に

【写真6】電源部筐体にはタカチ電機工業のCH6-11-14を使用。パネル左から電源スイッチ、外部電源コネクタ、6.3V, 120V出力コネクタ

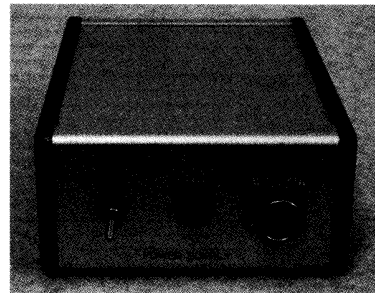
影響を及ぼすであろう。なお、漆の乾燥には適度な温度と湿度環境（通常は20℃, 80% RH）が必要であり、組み付けができるようにある程度乾燥（硬化）させるのに最低数週間を要する。そして、漆カブレを防ぐためにも、さらに1か月以上の乾燥が必要である。

マイクアンプカバーの内表面には、シールドを施すために $t=0.08$ mmの銅箔を貼り付け（写真7）、その上に $t=0.5$ mmの鉛板を貼り付けている（写真8）。鉛板の貼り付けはマイクアンプカバーのダンピングに、かなりの効果があるので欠かせない。

マイクホルダーをマイクアンプカバーの内側からネジで取り付け（写真9）、前記のようにマイクホルダー内にマイク基板を取り付ける。マイクアンプカバーに貼り付けた銅箔は、マイクカプセルケ



【写真5】電源基板にはスイッチング電源ユニットを取り付け、安定した高電圧出力±120Vを得ている



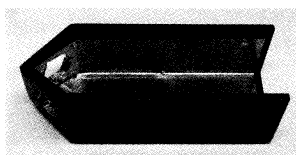
ースおよびマイクホルダーとネジを通じて電氣的につながっており、銅箔からアンプ基板のGNDに接続されている。

表1に主な使用部品一覧を示す。

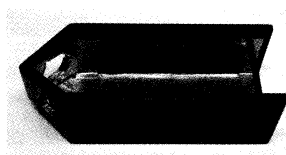
本機の特性

図18に周波数特性を示す。測定は、入力部分（ R_{101} の両端）に直接発振器出力を入れて行った。入力部分が、マイクカプセル容量である実動作状態とは若干相違している点に留意していただきたい。DC～400kHz（-3dB）である。Lch, Rchともほぼ同じで、問題ない広さである。

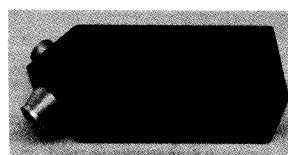
実動作状態では、マイクカプセル容量（数10pF）と R_{101} （1GΩ）によってマイクアンプ部の低域増幅限界周波数が決まり、およそ4Hz（計算値）になる。ただし、MK-41など指向性を有するマイ



〔写真7〕 マイクアンプカバーの内側にはt0.08mmの銅箔を貼り、シールドを施す



〔写真8〕 銅箔の上にt0.5mmの鉛板を貼り付ける。マイクアンプカバーのダンブに効果的



〔写真9〕 マイクホルダーは、マイクアンプカバーの内側からネジで取り付ける

使用箇所	部品	記号	型番・値	個数	メーカー	備考
アンプ部	抵抗	R101	1GΩ	2	日本ファインケム	旧・日本ビロラジ工業 多回転半固定抵抗
		R102	B 10Ω	2	バーンズ	
		R103ほか	RP-24C	28	ニッコン	
		R117, R118	10MΩ	4	—	
	コンデンサー	C101	0.1μF/50V	2	—	フィルム
		C103, C104	47μF/160V	4	—	電解コンデンサー
		C105	1μF/250V	2	—	フィルム
		C106	—	—	—	—
	トランジスター	Q101, Q102	2SK30A	4	東芝	—
		Q103, Q104, Q109, Q110, Q111	2SC3503	10	フェアチャイルド	
		Q105, Q106, Q112	2SA1381	6	フェアチャイルド	
		Q107	2SJ181	2	ルネサス	
		Q108	2SK1152	2	ルネサス	
		Q109	E-501	2	セミテック	
	ダイオード	D102	1S2076A	2	—	0.5mA CRD
		D101	—	—	—	—
		D103	LT8001P	2	シャープ	赤色LED
		D104	—	—	—	—
	小型放熱器	—	—	4	—	—
	マイクカプセル	—	MK-41	4	ジョブス	コンデンサーマイク
	プリント基板	—	(55×122mm)	1	サンハヤト	感光基板
	ピン端子	—	SST-2-1	14	サンハヤト	—
	筐体	—	—	1式	—	特注品
	基板ピンヘッダー	—	—	14	—	—
	5Pフレーム	—	—	2	—	—
	2Pフレーム	—	—	2	—	—
	コネクタ	—	XLR32F	1	—	CANON
	コネクタ	—	R03-5F	1	多治見無線電機	—
	六角スベアサー	—	M3-10mm	4	—	—
	銅箔	—	t0.08mm	1	—	—
	薄鉛板	—	t0.5mm	1	—	—
電源部	抵抗	R201, R202	B 9kΩ	2	バーンズ	多回転半固定抵抗
		C201, C204	47μF/25V	2	サンヨー	OSコン
		C202, C203, C205, C206	0.01μF/400V	4	—	フィルム
		L201, L202	2.2mH	2	—	—
	インダクター	—	—	—	—	—
	DC-DCコンバーター	—	R12-100B	2	RECOM Power	—
	レギュレーターIC	—	NJM2396F63	1	JRC	—
	LED	—	—	1	—	—
	筐体	—	CH6-11-14	1	タカチ電機工業	—
	SW	—	—	1	—	—
	プリント基板	—	—	1	サンハヤト	感光基板
	コネクタ	—	R03-R5F	1	多治見無線電機	—
	DC入力ジャック	—	—	1	—	—
	ユニバーサル基板	—	TNF25-35	1	タカチ電機工業	—
	六角スベアサー	—	M3-10mm	4	—	—

〔表1〕 主な使用部品
(ケース類は除く)

クカプセル自体の低域限界周波数は数10Hz付近にある(MK-41の仕様は40Hz)。

図19に歪率特性を示す。周波数特性と同じく、入力部分に発振器出力を入れて測定した。本機は、初段FETが概して g_m の低

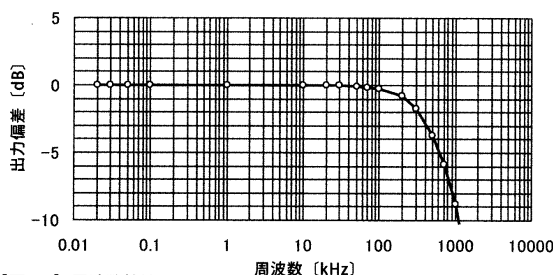
い2SK30Aであるので、オープンループゲインはそれほど高くない。それゆえ、歪率特性も出力電圧の増大とともに歪率がソフトに上昇しながら最大出力に至る傾向にある。

最大出力電圧付近では0.02%

以下(1kHz)の歪率である。クリッピング出力は、いずれの周波数も80Vであり、30dBのゲインを持っているので、耐入力力は2.5Vである。相当高いマイク音圧でもまずクリップすることはないであろう。

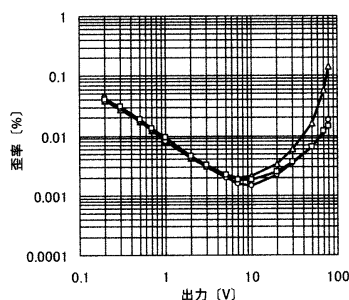
出力電圧が数V付近から下がるにつれ、歪率が上昇するのは残留ノイズによるものである。残留ノイズは、従来の電源電圧の低いFET入力マイクアンプとほぼ同じレベルである。よって、本機はノイズ特性を維持しつつ、高い耐入力を持ったマイクアンプであるといえよう。

図20に電源オン後の出力オフ

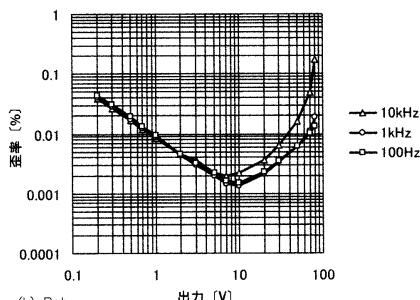


〔図18〕 周波数特性

高耐入力/低ドリフト DCマイクアンプ

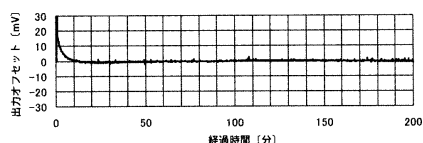


(a) Lch

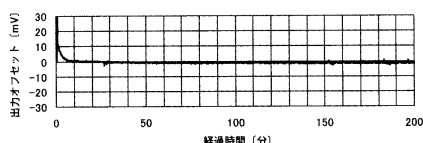


(b) Rch

〔図 19〕歪率特性



(a) Lch



(b) Rch

〔図 20〕出力オフセットの経過時間推移測定例

セット経過時間推移測定例を示す。電源オン直後に高い出力オフセットが生じるが、およそ 10 分程度で 0mV 付近に落ち着く。その後の出力オフセットの変化は小さく、安定している。連続した収録時間は長くても 2～3 時間程度であろうから、十分な特性といえよう。使用時には 10 分以上のウォーミングアップが必要となる。

なお、万一マイクアンプの落下・衝撃などの事故あるいは経時変化によって、実際の収録現場で大きな出力オフセットが観測された場合は、マイクアンプ筐体ベース下部からドライバーで R_{102} を調整することになるが、マイクアンプ筐体の温度が安定していれば、10～15 分程度の比較的短い調整時間を必要とするのみである。

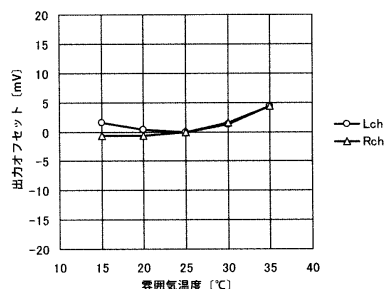
図 21 に雰囲気温度が変化した

ときの出力オフセット変化測定例を示す。測定は、通電エージングした後、マイクアンプ筐体を静穏な雰囲気中 (15～35℃) に置いて行った。電源部は常温のままである。測定は複数回行ったものの、幾分かバラツキがあり、測定誤差も大きい。最良状態での 1 つの測定例として見ていただきたい。図では 25℃を基準にした変化分のみをプロットしている。

Lch, Rch とともに 25～35℃にてゲート電流の影響と思われる 4mV ほどの出力オフセット増加がある。問題ないレベルと思われる。総合して低い温度ドリフトに仕上がったといえよう。

終わりに

録音・再生系アンプの完全 DC アンプ化はすでになされていたが、



〔図 21〕雰囲気温度と出力オフセット変化測定例

以前のマイクアンプでは、ときおり若干のオフセットが生じることがあった。しかし、オフセット調整部が筐体内部に隠れていたため、収録現場でのオフセット調整はほとんど不可能であった。

その点を考慮して、本機では筐体下部にあけた小孔を通して外側からオフセット調整ができるようにした。オフセット調整が簡単になり、小さな温度ドリフトと相まって、かなりスピーディな収録準備ができるようになった。

本機の音質は、ショッप्ス製のマイクカプセル (MK-41) と、それを装着した木製材料のマイクカバーによってほぼ決まっているといっても過言ではないだろう。その深みのある重厚な音質は、小型汎用マイクにありがちな乾いたシャリシャリとした音とは一線を画すものがある。