

12. 半 導 体

SEMICONDUCTOR PRODUCTS

半導体製品は従来おもに SWあるいは FMなどのポータブルラジオ受信機に用いられていたが、現在ではこのほかにテレビ受像機のトランジスタ化が強力に進められている。日立製作所ではテレビ受像機用の各種のトランジスタやダイオードの生産技術的な開発を終えて、目下大量生産中である。

最近、テレビ受像機用トランジスタとして次第にシリコン製品が使用されるようになってきたことは注目すべき傾向である。今後はラジオ受信機、テレビ受像機など汎用的な用途に対しても、性能のすぐれた比較的低価格のシリコン製品が使用される可能性もある。また UHF 帯におけるテレビ放送の開始が予定されている折から、われわれは UHF テレビ放送の受信用のチューナとして、超高周波トランジスタを開発し、量産に移行しているが、海外ではヨーロッパでもアメリカでも UHF テレビ放送が実用化されているので、UHF チューナは輸出用テレビ受像機に不可欠のものとなった。

それから自動車の普及に応じ、自動車用ラジオに用いる出力トランジスタが要望されるようになり、この方面に対しても開発の歩を進めている。

通信工業関係への半導体製品の進出は、前年にも増して順調な伸びを示しているが、この方面の製品に対しては特に高信頼度、長寿命の要求がきわめて強く、これを満足させるため長年にわたり続けられた研究の成果がいよいよ現われてくるわけである。

日立製作所では、通信工業用製品としての高信頼性を得るために専用製造ラインを設置し、部品材料の精選、表面の完全清浄化処理ならびに化学的安定化処理、気密ハーメティック封止および最高度の品質管理の適用などにより、事故率 10^{-8} 個/時間 の高信頼性の実証を得た。 h_{FE} の安定性、雑音特性などの品質の改良も行ない、工業用途全般の高信頼の要求に十分応じうるようになった。

さらに独自の製品としては、多年にわたり開発したドットメサ形トランジスタ (2SA 235 系) の量産規模を拡大したほか、超高周波用ミキサダイオード (1S 543)、高周波出力用シリコン 3 重拡散形トランジスタ (2SC 117~119)、低レベル増幅用シリコン MD 形トランジスタ (2SC 166~167) などがある。なお、計算機用としては HITAC 3010 に用いられる演算用トランジスタ 2SA 412、ダイオード 1S 560 のほかに、高速の計算機に用いられる素子を開発中である。

12.1 電力用整流素子

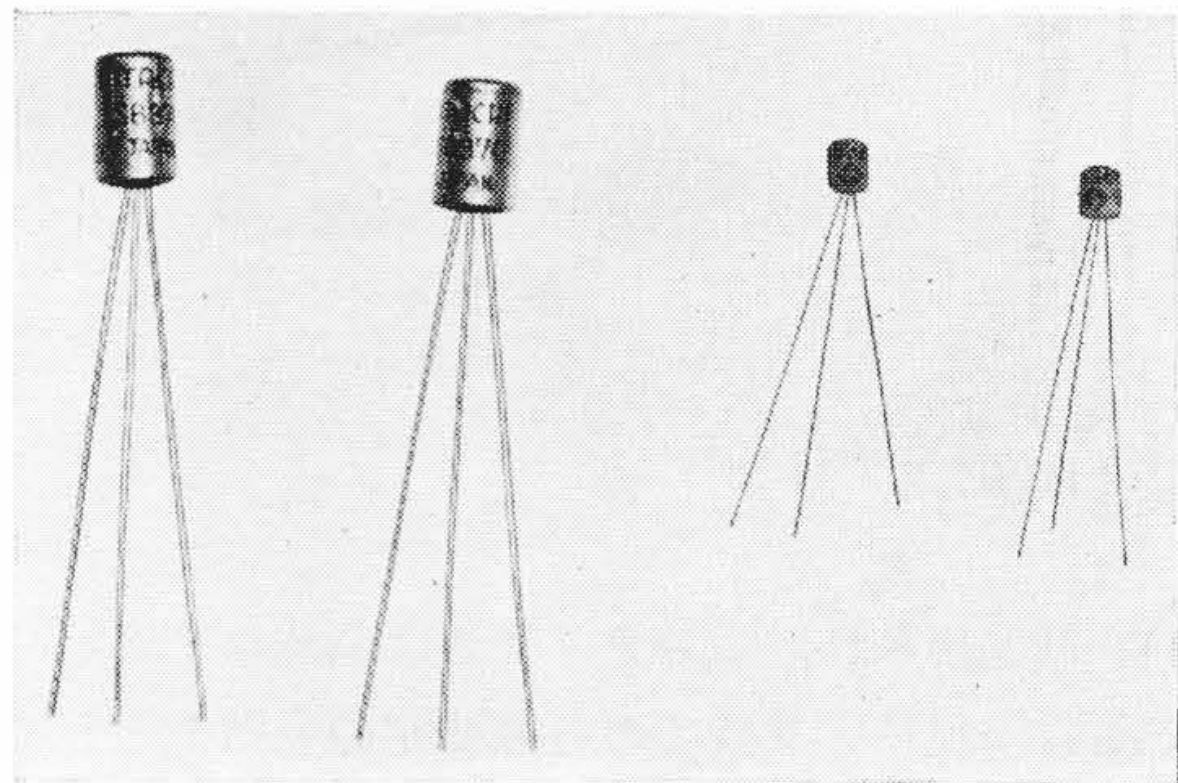
本項については 3.6.1 を参照されたい。

12.2 制御整流素子

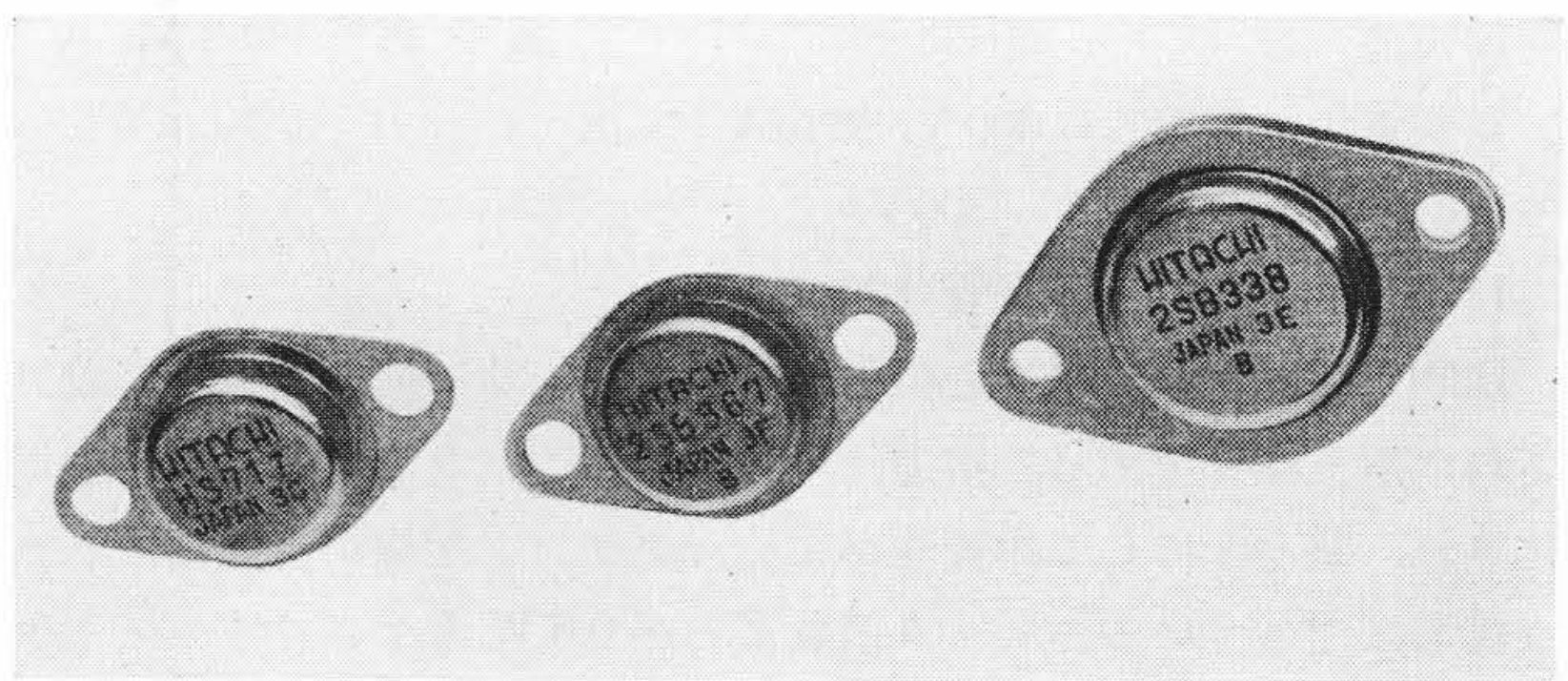
本項については 3.6.1 を参照されたい。

12.3 汎用トランジスタ

高周波トランジスタとして独自に開発したドットメサ形トランジスタは近く月産 100 万の生産規模に拡張される。一方、製品では小形自動車用ラジオ出力段に用いられる中出力トランジスタ 2SB 370、2SB 370A を、中形自動車用には 2SB 367、2SB 368 を、一方、大形自動車用には 2SB 337~341 をそれぞれ開発した。これらは自動車ラジオ以外にも、それぞれの出力に応じて広く用いられている。以上は合金接合形であるが、高周波特性を要求する Hi Fi アンプ用、あるいは小形テレビ偏向用にはコレクタ拡散接合形 2SB 420 を開発



第 1 図 2SB 370 と超小形 2SB 387, 388



第 2 図 Ge 出力トランジスタ HS 717, 2SB 367, 2SB 338

第 1 表 2SB 367, 368 の最大定格

項 目	品 種 名	2SB 367	2SB 368	単 位
コレクタ・ベース電圧	BV_{CB0}	-25	-45	V
コレクタ・エミッタ電圧	BV_{CE0}	-20	-35	V
エミッタ・ベース電圧	BV_{EB0}	-12	-12	V
コレクタ電流	I_C	-1	-1	A
コレクタ損失	* P_C	4	4	W

注：* 標準放熱板 (150×150×1.5mm のアルミ板) に付属の絶縁板を介して取り付けた自然放熱状態 ($T_a = 25^\circ\text{C}$) における値

した。このほか超小形トランジスタ 2SB 387, 2SB 388 も生産している。

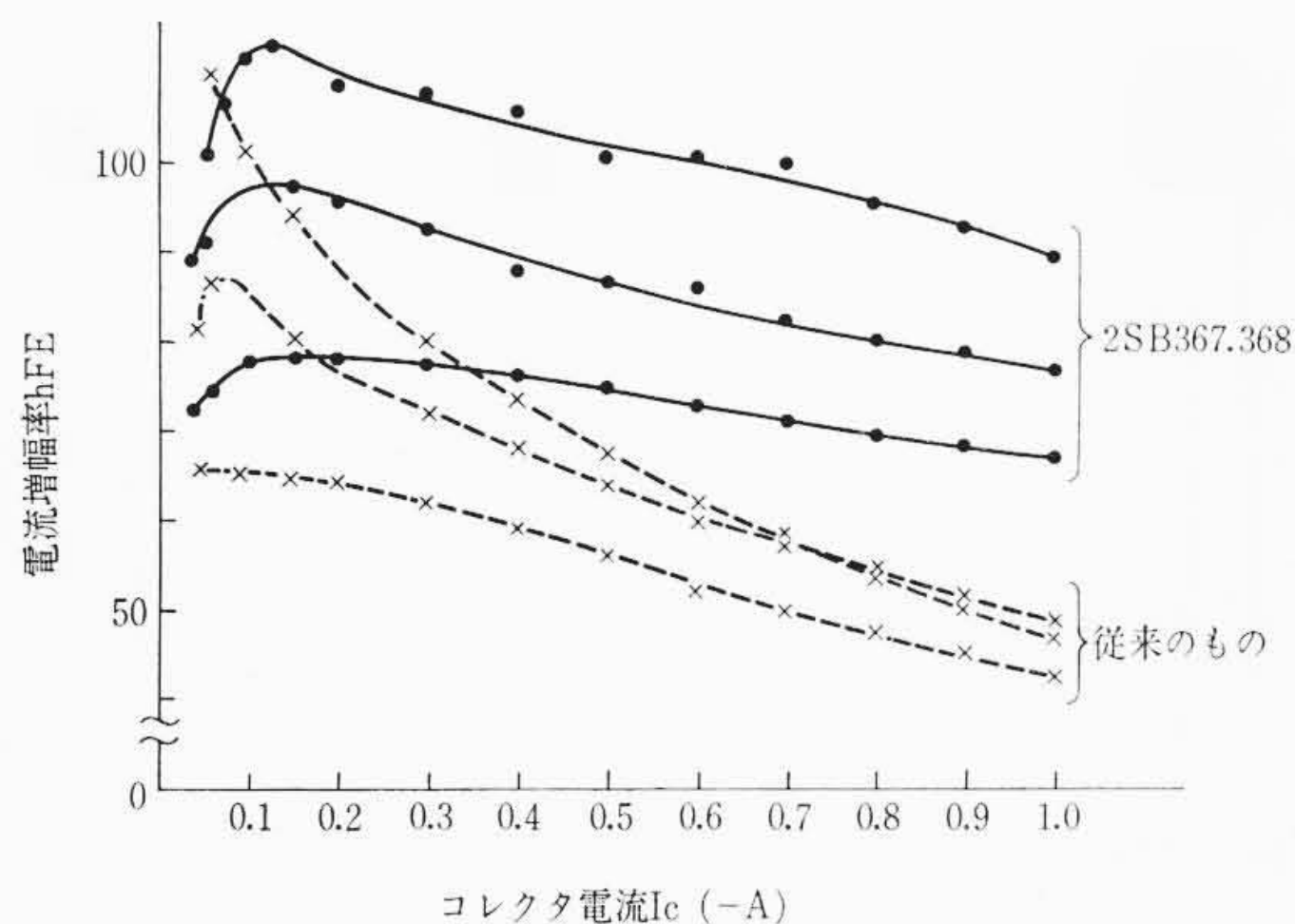
12.3.1 ゲルマニウム中出力トランジスタ 2SB 370, 370A

2SB 370, 2SB 370A は低周波出力増幅用 PNP ゲルマニウム合金接合形トランジスタで、従来とは異なった放熱設計をしているので TO-1 外形にもかかわらず許容コレクタ損失が大きく (200 mW: 周囲温度 25°C 自然放熱, 550 mW: 周囲温度 25°C 放熱板付), また特殊合金方法を採用しているため、電流増幅率のコレクタ電流に対する変化が少なく、定格 500 mA までほとんど低下しない。したがってアンプ用として使用した場合ひずみ率が低く、周波数特性がすぐれているという特長を有しており、従来 2SB 156 では余裕のなかった 1~2 W 程度の中出力ポータブルラジオ、テープレコーダなどの出力段用に最適である。特に OTL 方式を用いた場合、すぐれた特長を発揮する。また電流増幅率が大きく回路設計を非常に簡単にしている。

2SB 370, 2SB 370A は耐圧により分類されており、使用電源電圧回路方式により適宜区別して使用できるようになっている。

12.3.2 ゲルマニウム低周波中出力トランジスタ 2SB 367, 368

2SB 367, 368 はゲルマニウム PNP 合金接合形低周波中出力トランジスタで従来の合金接合形中出力トランジスタと比較して、電流



第3図 2SB367, 368 コレクタ電流 I_c と電流増幅率

増幅率が大きく、コレクタ電流に対する依存性も改善されており、低ひずみ率低周波中出力増幅用としてカーラジオ、ホームラジオ用に最適のトランジスタである。

最大定格を第1表に示す。

電流増幅率は従来の合金接合形中出力トランジスタと比較して特に改善されているコレクタ電流 I_c と電流増幅率 h_{FE} の関係を第3図に示す。

12.3.3 ゲルマニウム低周波高出力トランジスタ 2SB337~341

2SB337~341は、エミッタ接合に改善を加えたPNP合金接合形低周波高出力トランジスタで、コレクタ飽和抵抗も小さく、従来の合金接合形高出力トランジスタと比較して、電流増幅率が大きく、コレクタ電流に対する依存性が改善されており、低ひずみ率低周波高出力増幅用途に最適のトランジスタである。

最大定格は2SB341で $BV_{CB0} = -120\text{ V}$, $BV_{CE0} = -50\text{ V}$, $I_c = -10\text{ A}$, P_c (標準放熱板 $300 \times 300 \times 1.5\text{ mm}$ アルミ板使用 $T_a = 25^\circ\text{C}$) $= 12\text{ W}$ である。

12.3.4 ゲルマニウム高周波中出力トランジスタ 2SB419~420

日立トランジスタ 2SB419~420はコレクタ接合を固体拡散により作ったゲルマニウムPNP高周波中出力トランジスタである。

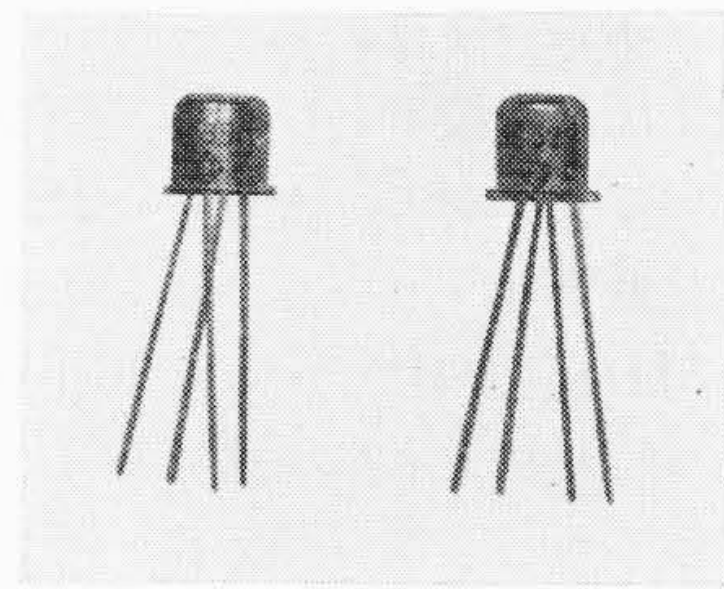
従来の合金接合形中出力トランジスタと比較すると、ベース領域にいわゆるドリフト電界があり、周波数特性はよく $f_{ae} = 50\text{ kc/s}$ でよりすぐれた電流増幅率のコレクタ電流依存性、耐圧特性を有している。HiFi用を目標とするアンプの出力増幅用としてまったく理想的なトランジスタである。

おもな最大定格は、コレクタ電流 $I_c = -1\text{ A}$, コレクタベース電圧 $BV_{CB0} = 60\text{ V}$, エミッタ電流 $BV_{CE0} = 35\text{ V}$, エミッタベース電圧 $BV_{EB0} = 1\text{ V}$, 遮断周波数 $f_{ab} = 6\text{ Mc/s}$, $f_{ae} = 50\text{ kc/s}$, 電流増幅率 $h_{FE} = 50 \sim 300$, 出力 $P_c = 4\text{ W}$ ($150 \times 150 \times 1.5\text{ mm}$ アルミ放熱板, $T_a = 25^\circ\text{C}$) である。

12.3.5 補聴器用超小形トランジスタ 2SB387, 2SB388

2SB387, 388はPNPゲルマニウム合金接合形トランジスタで特に補聴器用として超小形に設計製作されたものである。寸法は $3.0\phi \times 4.0$ で従来の補聴器用トランジスタ 2SB183, 2SB184よりも小形化されていること、雑音が少ないこと、電流増幅率が大きいことがその特長である。2SB387は小信号増幅用として特に低雑音で、その電流増幅率は低電圧小電流で管理されているため 1.5 V という低い電圧で使用しても十分な電流利得が得られる。2SB388は終段増幅用で低い負荷抵抗で十分高い電力利得が得られるように、特に電流増幅率が大きく設計されている。

今後輸出としても期待されるが、時計など小形を要する所にも新用途が期待される。



第4図 小形化されたTVチューナ用トランジスタ
左: 2SA390 (UHF) 右: HS528 (VHF)

12.4 通信工業用トランジスタ

通信工業用トランジスタとしては VHF テレビ受像機チューナ用に HS528, 音響機器用に低雑音の 2SB73 ㊦, 2SB77 ㊦, 直流安定電源用にツイントランジスタである HS508 ㊦ などがある。

12.4.1 VHF テレビ受像機チューナ用トランジスタ HS528

現在広く VHF テレビ受像機チューナに使用されている 2SA288~290 は外形が TO-7 形であるが、これより小さい外形でまったく同じ用途に使用できるような新しいトランジスタが要求されたので、TO-18 形の外形で、特性はまったく 2SA288~290 に等しい HS528 を開発した。ゲルマニウム PNP ストライプメサ形トランジスタで、主要特性の代表値を示すと、 $f_T: 400\text{ Mc}$, $C_{ob}: 1.2\text{ pF}$, $\gamma_{bb'}: 70\Omega$ となり、VHF テレビ受像機チューナのほかに、UHF テレビ受像機中間周波増幅にも、その小形の特長を生かして使用することができる。

12.4.2 低雑音トランジスタ 2SB73 ㊦, 2SB77 ㊦

2SB73 ㊦, 2SB77 ㊦ は高信頼度、低雑音の低周波増幅用として開発された PNP ゲルマニウム合金接合形トランジスタである。このトランジスタは今回新たに開発され、特殊な半導体表面の不活性処理を行ない、素子表面付着水分を十分に除去して製作され、かつ品質管理も十分に行なわれているので高い信頼度を有し、雑音指数が良好である。特に $1/f$ 雑音は 2SB73 ㊦ で 5 dB 以下 ($f=1\text{ kc/s}$), 15 dB 以下 ($f=30\text{ c/s}$), 2SB77 ㊦ で 6 dB 以下 ($f=1\text{ kc/s}$), 18 dB 以下 ($f=30\text{ c/s}$) である。したがって放送用音響機器などに特に最適である。

12.4.3 高安定化電源用双子トランジスタ HS508 ㊦

HS508 ㊦ はトランジスタとツェナーダイオードを熱伝導率のよい材料で包み、トランジスタの順方向電圧の負の温度係数を正の温度係数をもつツェナーダイオードで温度補償したもので、高精度を要求される定電圧回路や定電流路用として最適である。また低インピーダンス用の直流増幅器としても適している。その温度係数は

HS508 ㊦A $\pm 0.55\text{ mV}/^\circ\text{C}$ 以下

HS508 ㊦B $\pm 0.25\text{ mV}/^\circ\text{C}$ 以下

これを端子電圧に対する変化率で表わすと、それぞれ

HS508 ㊦A $\pm 8 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 以下

HS508 ㊦B $\pm 3.6 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 以下

と非常に小さく、特に HS508 ㊦ は半導体素子として最高の部類に属する。信頼度の面でもすぐれた技術と厳重な品質管理のもとで作られたトランジスタとツェナーダイオードを用いているので安心して使うことができる。

12.5 シリコントランジスタ

近年、プレーナ形トランジスタ、エピタキシャル形、三重拡散形トランジスタなど新製品の開発が顕著になってきた。また高周波高出力の領域、高逆耐圧大電力の領域で、シリコンパワートランジスタの開発はとみにさかんである。

日立製作所では、前記汎用シリコントランジスタとは別に、通信

工業用としてシリコン本来の性質を十分に利用した新製品を開発した。すなわち、高逆耐圧高周波用として、三重拡散形 2SC154 を、送信増幅用として、エピタキシャルメサ形の 2SC116 を、高周波高出力の用途に、三重拡散形 2SC117, 118, 119, HS615 を、計測器など一般工業用に、MD 形 (溶融拡散形) 2SC166, 167 を高逆耐圧大電力用としてシリコンパワートランジスタ HS808 を開発した。

12.5.1 高逆耐圧シリコントランジスタ 2SC154

2SC154 は、高逆耐圧シリコントランジスタとして開発されたもので、特にテレビ機器の映像増幅段に要求される諸特性に合致するように設計されている。テレビ機器の検波映像信号は、適度なコントラストを得るために、ブラウン管駆動電圧として、十分な電圧増幅を必要とする。このため、三重拡散形構造をとった。ベース端子開放のエミッタ・コレクタ間逆耐圧は 80V 以上、100V 以上の 2 品種に分けられている。また三重拡散構造にしたため、出力容量は小さくなり、遮断周波数も増加し、広帯域増幅特性が改善された。そればかりでなく、振幅特性、位相特性および過渡特性がよい。本トランジスタは、この外一般の高逆耐圧を必要とする回路に適し、一般工業機器および計測関係、VHF 帯の発振増幅用にも十分目的を達成しうるものである。高温においても安定に動作し、コレクタ損失も、空气中に放置した場合 750 mW である。

12.5.2 送信増幅用シリコントランジスタ 2SC116

2SC116 は送信増幅用に開発されたトランジスタであり、エピタキシャルメサ形構造を有し、飽和電圧が非常に小さいことが特長である。高周波特性がすぐれており、27 Mc/s 帯高周波出力 0.5 W 以上の市民バンド用トランシーバ出力増幅用や 70 Mc/s 帯までの中電力増幅用として能率よく動作する。特に、前者のトランシーバ回路は余裕を持って設計されており、有効な電極構造をもっているため、送信増幅特性に必要な大電流における電流増幅率が高く、実測例によると、2SC116 単体で入力 50 mW の場合 10~17 dB (500~750 mW) の電力利得が得られている。電源電圧 12 V における効率は 35~50% である。ベース端子開放のコレクタ・エミッタ電圧 25 V 以上、コレクタ逆耐圧 50 V 以上、コレクタ最大電流 200 mA (最大尖頭電流は 500 mA) まで許容できる。外観は、JEDEC タイプ TO-5 形である。

12.5.3 シリコントランジスタ 2SC117

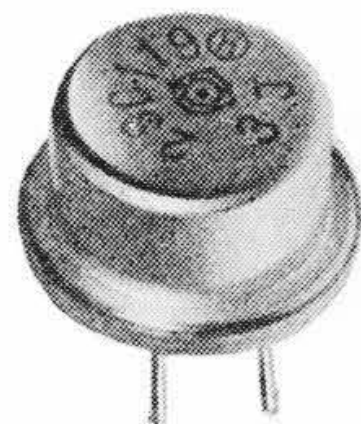
2SC117, 118, 119 は高周波中電力用として開発された品種である。三重拡散形の特長として逆耐圧特性が高く、同時にコレクタ飽和電圧が小さく、接合容量が小さい。したがって、HF および VHF 帯の無線機器出力用およびスイッチング用として最適なトランジスタである。2SC117 のスイッチング特性は t_{stg} が $0.15 \mu s$ 以下であり、2SC118 の高周波特性は、70 Mc/s 帯において出力 2 W 以上、2SC119 は、150 Mc/s 帯において 1 W 以上の出力が得られる。さらに、この種高周波出力用トランジスタでは、国内で初めてプレーナ技術を適用して大面積の表面安定化をはかり、高信頼化を図っている。ケース温度を 25°C にした場合のコレクタ損失を 13 W 以上とするために JEDECTO-8 形システムに組み立てられている。

12.5.4 シリコントランジスタ HS615

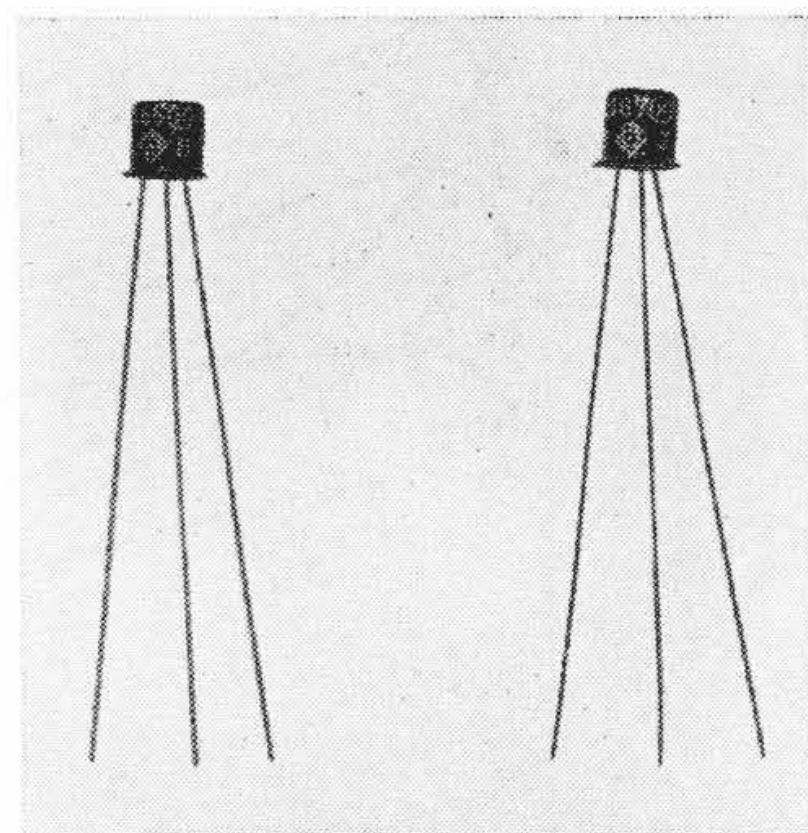
HS615 はさきに述べた 2SC117 同様に高周波中電力用として開発された品種である。三重拡散構造で、コレクタ・ベース逆耐圧が高く、コレクタ飽和電圧が小さい。HF および VHF 帯の小形無線機に適するよう、大信号動作における能率を向上するような設計および製造方式が採られている。特性的には、70 Mc 帯高周波出力が 4 W 以上となり、10 W 級の超短波無線機には、本品を 2~3 個使用して、その目的を達成することができる。また、そのほかの一般的スイッチング回路に適用することも可能である。素子は放熱効果のよいケースに組み立てられており、高信頼化をはかるために、半導体表面は安定な酸化膜でおおい、コレクタ逆方向電流を小さくし、



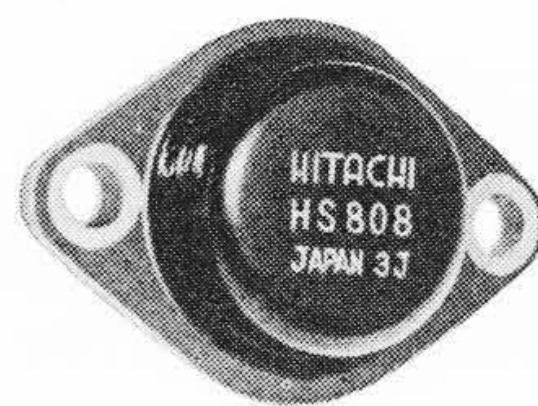
第 5 図 2SC154



第 6 図
2SC117~119



第 7 図 MD トランジスタ
2SC166, 167



第 8 図 高逆耐圧 Si パワー
トランジスタ HS808

長寿命化をはかっている。

12.5.5 シリコン MD 形トランジスタ

シリコン NPN MD 形 (溶融拡散形) トランジスタ 2SC166, 167 が開発された。これはエミッタ、コレクタ接合とも、溶融拡散法という日立製作所独自の方法により作られたもので PN 接合が完全であり、しかも表面の影響の少ない独特の構造をもっており、下記のような特長を有している。

- (1) 低雑音である。
- (2) 小電流領域でも直流電流増幅率が大い。
- (3) コレクタ・エミッタ間逆耐圧が高い。
- (4) コレクタおよびエミッタの遮断電流が小さい。

したがって高電圧、低電流スイッチング回路や低レベル低雑音増幅回路に最適なトランジスタといえる。

各種制御装置、測定装置そのほか、工業用に広く使用され、好結果が得られている。

12.5.6 高逆耐圧高出力シリコンパワートランジスタ HS808

高逆耐圧高出力シリコンパワートランジスタとして HS808 を開発した。最大電流 10 A, コレクタ逆耐圧 150 V 以上、コレクタ最大電力 60 W を有する。

従来のシリコンパワートランジスタにくらべ、逆耐圧、特にベースエミッタ間開放電圧 BV_{CE0} が非常に大きく、また飽和抵抗が著しく小さく (V_{CE} : 2 V at I_C : 10 A), 大電力のスイッチング特性が良好である。

各種電源機器の定電圧装置、DC-DC コンバータ、自動車点火装置用、各種大電流のスイッチング、大電力の増幅用に最適である。

12.6 ダイオード

ダイオードは、最近の開発品種として次の三種類がある。UHF TV のコンバータに使用するミキサダイオードとして、Si エピタキシャルに W 線を点接触させた 1S543 は、特に良好な周波数特性を有し、使用周波数上限が 1,000 Mc/s まで可能である。次に HS975 高速コンピュータの論理回路素子として大量に使用される高速度、高速耐圧、高信頼の Si エピタキシャル、プレーナのダイオードがあり、終わりに TV 水平偏向に使用されるダンパーダイオードとして 12 形 TV 用に開発した HS914 がある。



第9図 1S543 (UHF
ミキサーダイオード)

第10図 HS975 (超高速スイッチングダイオード)



第11図 HS914 (ダン
パダイオード)

12.6.1 UHF TV コンバータ用ミキサーダイオード (1S543)

TVのUHF帯放送が本格的になり、国内向けおよび輸出用のTV受信機のコンバータに使用されるミキサーダイオードとして1S543を開発し量産化に成功した。1S543の構造はSiにタングステンの探針を接触した点接触形であり、高周波特性を考慮して小形ガラス封止の構造を有している。

1S543はSiエピタキシャルの結晶を使用することにより抵抗および接合容量を小さく、順方向電流が大きく設計されている。そのため1S543の使用周波数の上限は著しく改良され、変換損失、雑音指数において約1,000 Mc/sまですぐれた周波数特性を有している。また、この種のダイオードにおいて欠点とされていた機械的強度も、結晶表面に特殊なエッチング処理を行なうことによって解決され、振動、落下などの外部衝撃に耐えうる素子として製造されている。製品の小型化も着々進行している。

12.6.2 高速度コンピュータ用Siスイッチングダイオード (HS975)

HS975はDO-7形のガラス封止構造を有したSiエピタキシャル、プレーナ形のスイッチングダイオードである。

最近、電子計算機の大形化とともに高速化が進み、使用される半導体素子のスイッチング速度は数 μs 以下の超高速化が要求されている。HS975はこれらの要求を満たすため開発されたもので、ライフタイムキラーとして精密に制御された金属不純物を拡散したエピタキシャル結晶を使用し、逆方向回復時間の標準値を1~2 μs 、順方向電流が+1Vにおいて300~500 mAの高伝導、高速度の素子として設計されている。

また大形の電子計算機に大量に使用された場合、部品の信頼度が大きな問題となるが、HS975はプレーナ構造を採用し、結晶表面に酸化膜を形成させることによりFailure Rateを 10^{-8} 以下にした。なお本素子はPCM通信方式にも使用される予定である。

12.6.3 TV 水平偏向用ゲルマニウム中出力ダンパーダイオード HS914

HS914はゲルマニウム合金接合形中出力ダンパーダイオードで、特にすぐれた順方向特性を有し、かつ高逆耐電圧で、12形程度のトランジスタTV水平偏向用ダンパーとしては最適のダイオードである。仕様は逆耐圧 $V_R=200\text{V}$ 、サージ電流 $i=25\text{A}$ 、平均整流電流 $I_0=6\text{A}$ 、順方向電圧($I_F=1\text{A}$) $V_F=0.60\text{V}$

Vol. 46

日 立 評 論

No. 2

目 次

- ・東北電力株式会社揚川発電所納 310,000 kW カプラン水車および発電機
- ・東北電力株式会社新潟火力第3号機 250,000 kW プラント機器について
- ・大同製鋼株式会社知多工場納水銀整流器による直流電動機可逆運転装置
- ・日立高圧水中モータ
- ・ブラズマ切断の実用化
- ・誘導加熱反応装置
- ・高級客車用エンジン駆動発電機セット
- ・磁器増幅器式PID制御器
- ・列車運行監視用符号電送装置
- ・デジタル電子計算機用大形外部磁気ドラム記憶装置
- ・小包自動区分機

- ・ホイスト用ローラチェンの衝撃応力
- ・高電圧半波整流回路の解析
- ・酸化物陰極中間層の性状について
- ・アルミ被高圧ガス圧ケーブルの諸特性
- ・日立高速遮断器の保守点検建設機械特集

- ・ショベルの整備時期と更新時期の経済的考察
- ・建設機械用ディーゼル機関と耐久性向上
- ・ワードレオナードU23ショベルの仕様と特性
- ・U106アースドリルの掘削機構と作業実績
- ・日立ブルトーザの技術的進歩
—— T13を中心として ——
- ・トラッククレーンブームの軽量化
- ・最近の日立ポータブルロータリコンプレッサ

発行所 日立評論社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座 東京 71824 番
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振替口座 東京 20018 番