

## シリコンPM形トランジスタの開発

## Development of Passivated Mesa Type Transistors

阿部 亨\*

Akira Abe

鈴木 仁一郎\*

Jin'ichirô Suzuki

初鹿野 凱一\*

Yoshikazu Hatsukano

徳山 巍\*\*

Takeshi Tokuyama

高木 武\*\*\*

Takeshi Takagi

## 内 容 梗 概

一般通信、工業計測などの広汎な用途を目的として、シリコンPM (Passivated Mesa) 形トランジスタを開発した。これは、特殊な低温酸化膜で表面安定化をはかったトランジスタであり、プレーナ形トランジスタの特長を有するとともに、メサ形状で、低温酸化被覆のため高い逆耐圧を持っていて量産性が高いなどの利点を有している。低電流の用途には、2 SC 281, 低雑音用には2 SC 350, 高逆耐圧用には2 SC 317 および2 SD 190を開発し量産を開始した。

本文はこれらPM形トランジスタの構造、製法、特性および応用回路について紹介する。

## 1. 緒 言

トランジスタの特性変動、特性劣化は、その表面状態に起因することが多い。特性変動の少ない高信頼トランジスタを開発するために、トランジスタの表面を不活性化する方法は、古くから研究されてきたが、その顕著な応用例としてプレーナ形トランジスタが発展した。プレーナ形トランジスタには、一般に知られた数多くの利点があり、最近盛んに作られるようになったが、これはメサ形トランジスタに比べて、高い逆耐圧が得にくい、拡散およびホトレジなどの回数が多く工程が長いなどの欠点もある。

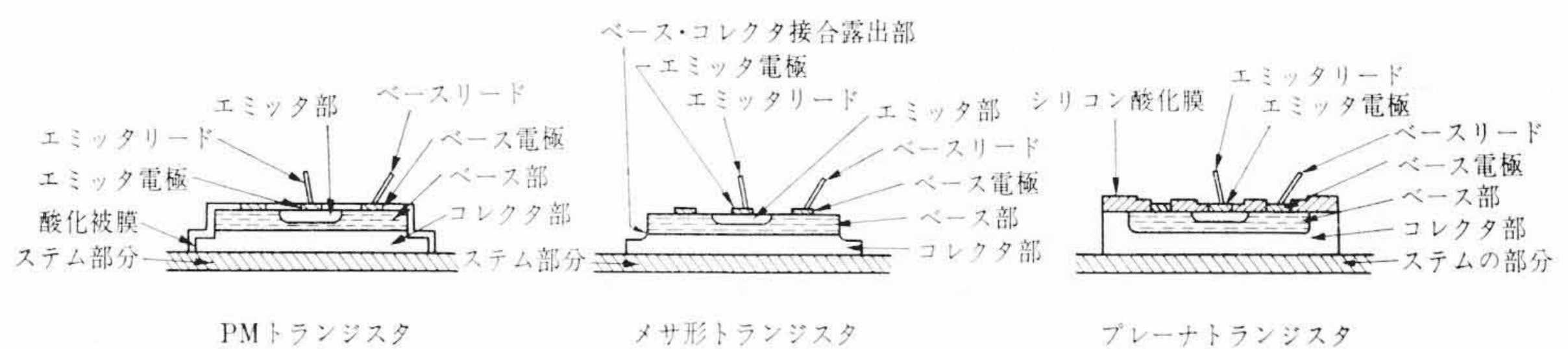
PM (Passivated Mesa) 形トランジスタはこの欠点を克服し、プレーナ形トランジスタとメサ形トランジスタの長所を兼ねそなえたうえに、表面を不活性化し、その安定化をはかった新しいシリコントランジスタである。すなわち、表面を低温酸化膜で緻密におおっているため、プレーナ形トランジスタと同様に安定である。メサ状をなし、メサエッチ後ただちに低温析出法で酸化膜を形成するので、高い逆耐圧が容易に得られる。また、拡散、ホトレジは、メサ形トランジスタとほぼ同一でよいので、工程は簡単で量産性に富み、低価格トランジスタの実現も可能である。

これは、日立製作所中央研究所で数年来行なっていた低温酸化に関する基礎研究<sup>(1)~(3)</sup>の成果を利用して、中央研究所、武蔵工場の共同開発により製品化に成功したものである。

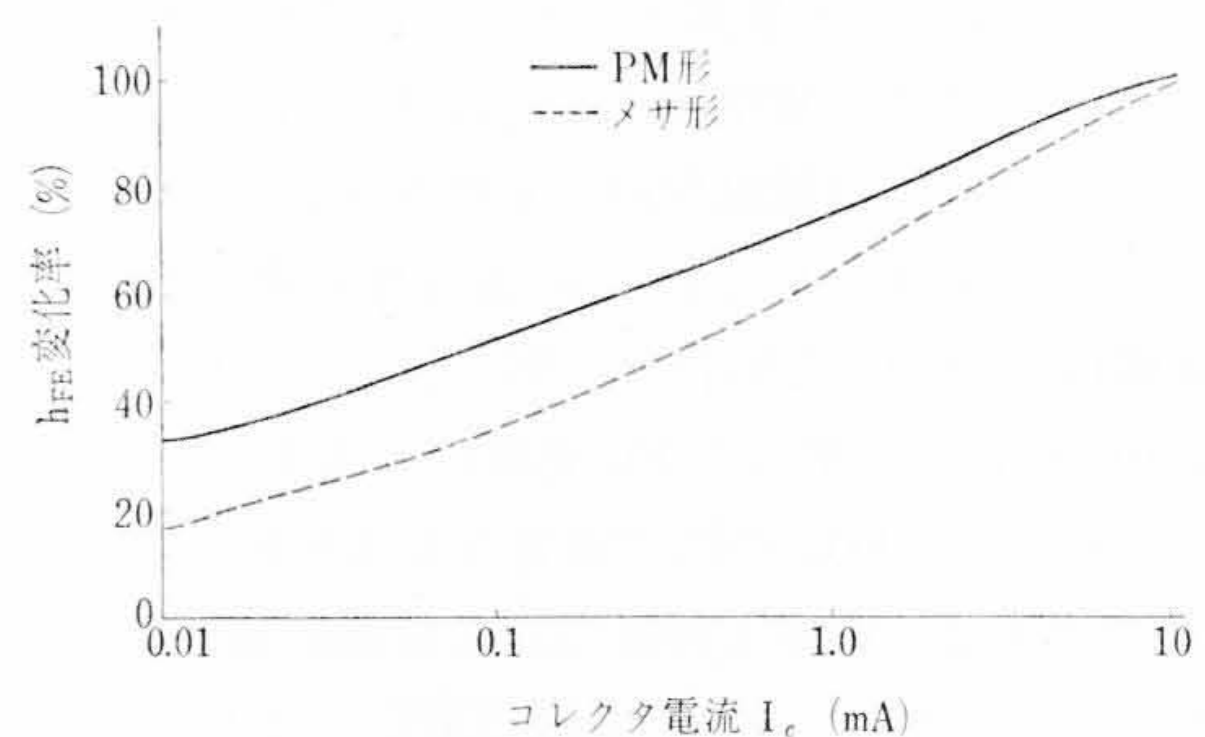
## 2. PM形トランジスタの構造と特長

## 2.1 構 造

PM形トランジスタの構造をメサ形およびプレーナ形トランジスタと比較し第1図に示す。メサ形トランジスタでは、ベース、コレクタ接合およびベース、エミッタ接合の端が表面に露出している。この露出部は周囲の影響を受けやすく、特性の変動、寿命の不安定性、雑音などの原因となる。一方プレーナ形トランジスタでは、接合面は酸化膜でおおわれているので表面の影響を受けにくい。しかし、その構造および製法から（ベース・コレクタ接合の形状、酸化膜直下の不純物の沈積、チャンネルの形成など）高いコレクタ逆耐



第1図 PM形トランジスタの構造比較

第2図  $h_{FE}$  電流依存性の比較

圧を得ることはむずかしい。PM形トランジスタでは、接合面が露出しないように、メサ形トランジスタの表面上に低温にて析出法で形成したシリコン酸化膜をかぶせて接合部をおおい、表面の安定化をはかっている。したがってプレーナ形トランジスタの長所を有するとともに、メサ構造でかつ低温酸化のため高いコレクタ逆耐圧も容易に得られる。このような構造のPM形トランジスタは、次に示す特性上の特長を備えている。

## 2.2 特性上の特長

## (1) コレクタ逆方向電流が小さい

接合部が、全然外気にふれないので、コレクタ逆方向電流( $I_{CBO}$ )のうち、表面漏えい電流はきわめて小さい。すなわち、そのほとんどがその温度におけるキャリアの熱励起によって生ずる接合内部の逆方向電流のみになる。このことは動作時に熱的にも安定であるということを意味する。

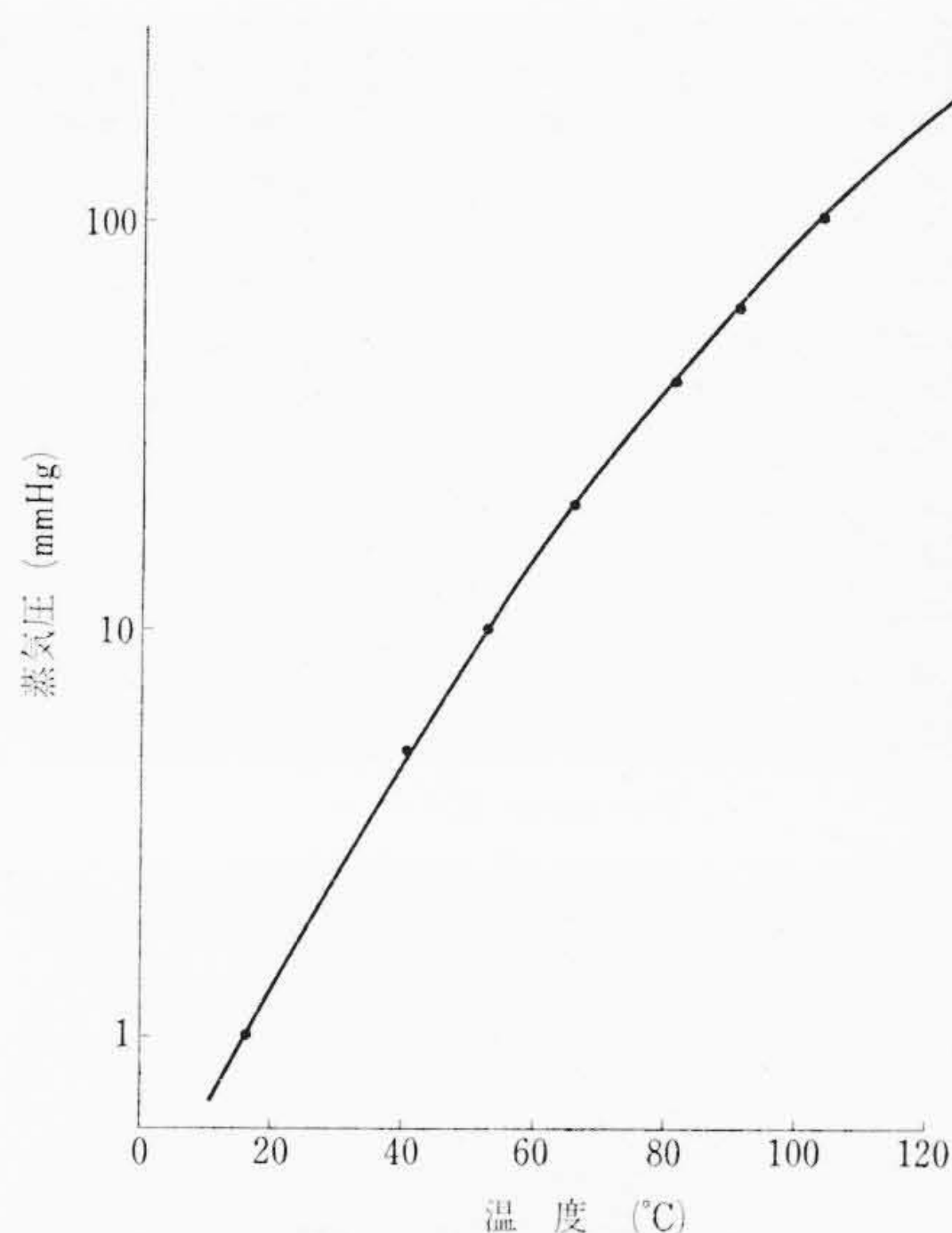
## (2) 低電流における電流増幅率が大い

一般のメサ形トランジスタでは、低電流レベルにおいて、コレクタ電流が小さくなると電流増幅率も減少する。しかし、PM形トランジスタでは、プレーナ形トランジスタと同様に、低い電流でも低下率は小さい(第2図)。低電流において電流増幅率が低下するのは、主として、エミッタ・ベース接合の空乏層におけるキ

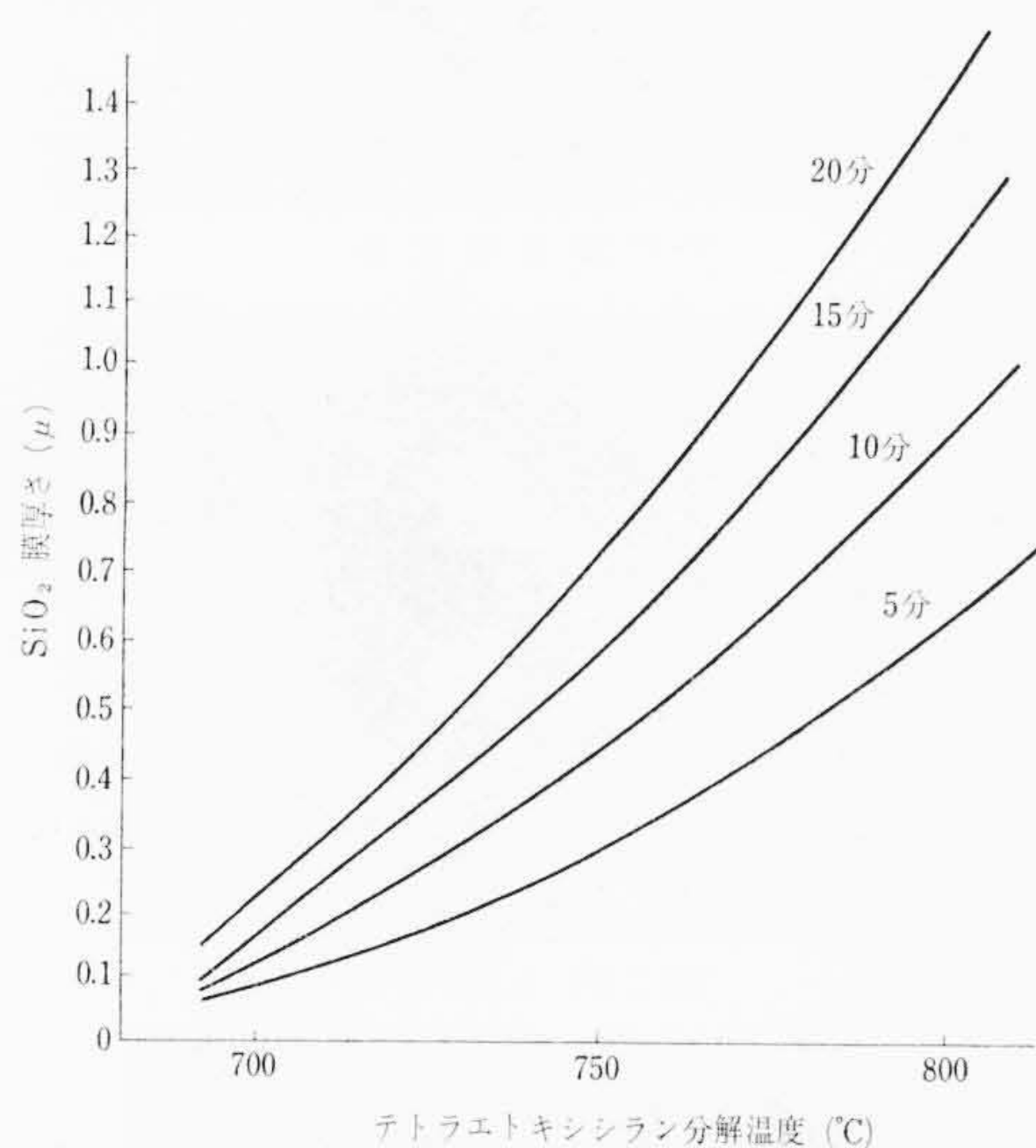
\* 日立製作所武蔵工場

\*\* 日立製作所中央研究所 工博

\*\*\* 日立製作所中央研究所



第3図 テトラエトキシシランの蒸気圧と温度

第4図 テトラエトキシシラン分解温度と SiO<sub>2</sub> 膜厚さ

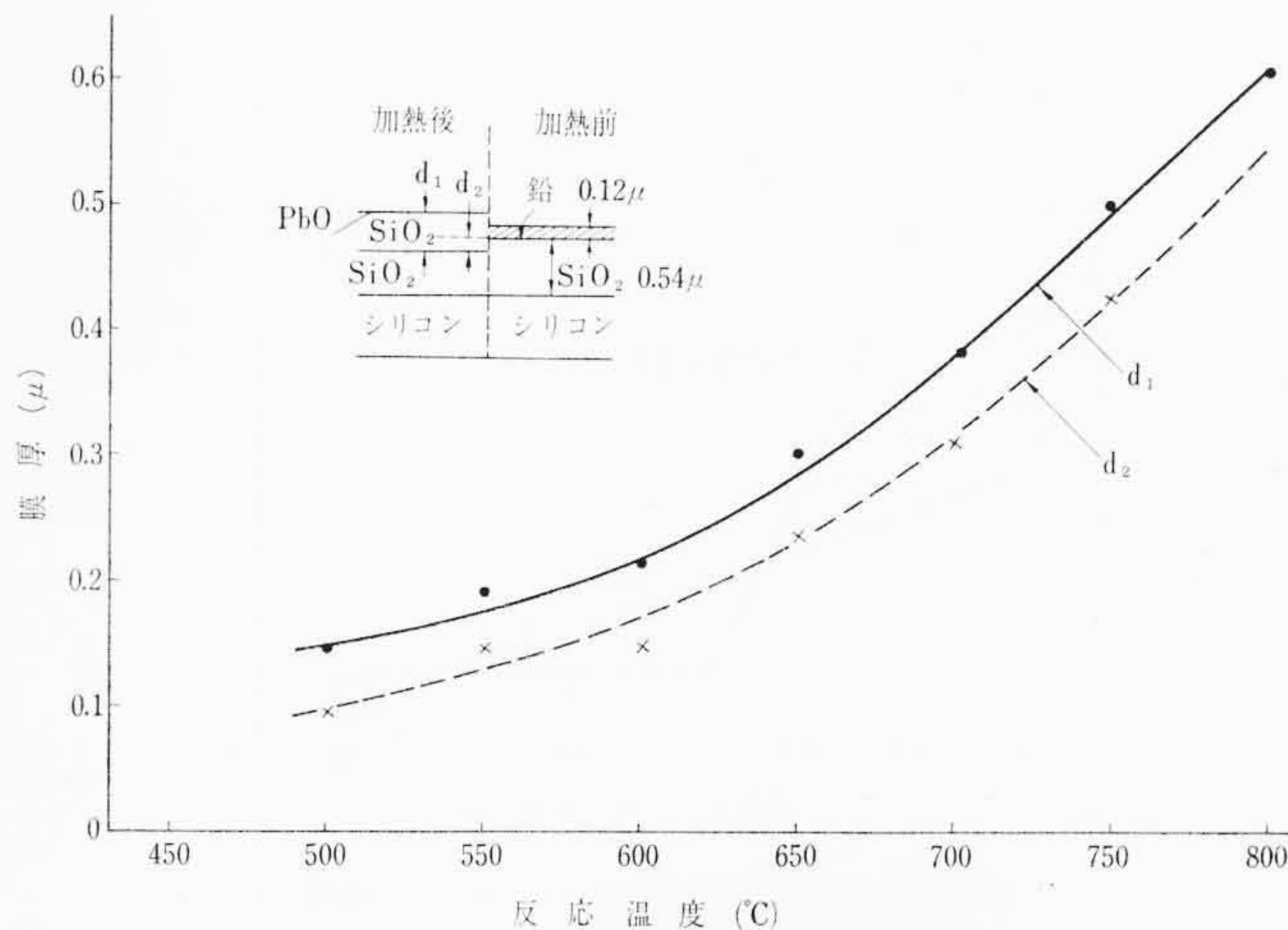
ャリヤの再結合と接合表面の再結合に起因している。特にコレクタ電流が小さくなればなるほど表面再結合の影響は大きくなる。PM 形トランジスタの場合、接合表面をおおう酸化被膜のため、表面再結合速度がきわめて小さいので、電流増幅率の低下は小さくなる。

### (3) コレクタ逆耐圧が大きい

プレーナ形トランジスタでは、コレクタ逆耐圧を 200V 以上にすることは困難である。これは、酸化膜直下の不純物の沈積 (Surface doping)、ベース濃度の高い表面部分にベース・コレクタ接合がのびていること、ベース・コレクタ接合の曲率による電流の集中などが原因とされており<sup>(4)(5)</sup>、いずれもプレーナ形の構造に起因したものである。PM 形トランジスタでは、形状がメサ構造であり、かつ表面酸化は低温のためこの欠点は少なく、容易に高い逆耐圧を得ることができる。高逆耐圧 PM 形トランジスタとして、コレクタ逆耐圧 300V 以上のパワートランジスタ 2SD 190 を製品化した<sup>(10)</sup>。

### (4) 低雑音特性

低温酸化による表面被覆のため、低雑音トランジスタが可能である。特に雑音特性に注目して、2SC 350 を開発した<sup>(7)</sup>。



第5図 反応温度と鉛を含む部分の膜厚の関係

### (5) 信頼度が高い

トランジスタの劣化は、表面における水分の付着、諸イオンの付着、その他汚染による接合部の表面現象に起因することが多く、従来のトランジスタの高信頼化には、封止の気密性に注意がいられてきた。しかし、PM 形トランジスタでは、接合部が露出していないので、しめった外気中、高温高湿中でも安定である。

## 3. 表面安定化膜の生成とその性質

表面安定化膜は、テトラエトキシシランの熱分解により生成する。テトラエトキシシランを、分解温度以上に加熱したシリコンウェハー上へ送ると、テトラエトキシシランは次に示す熱分解をおこし、SiO<sub>2</sub> がシリコンウェハー上に生成する。



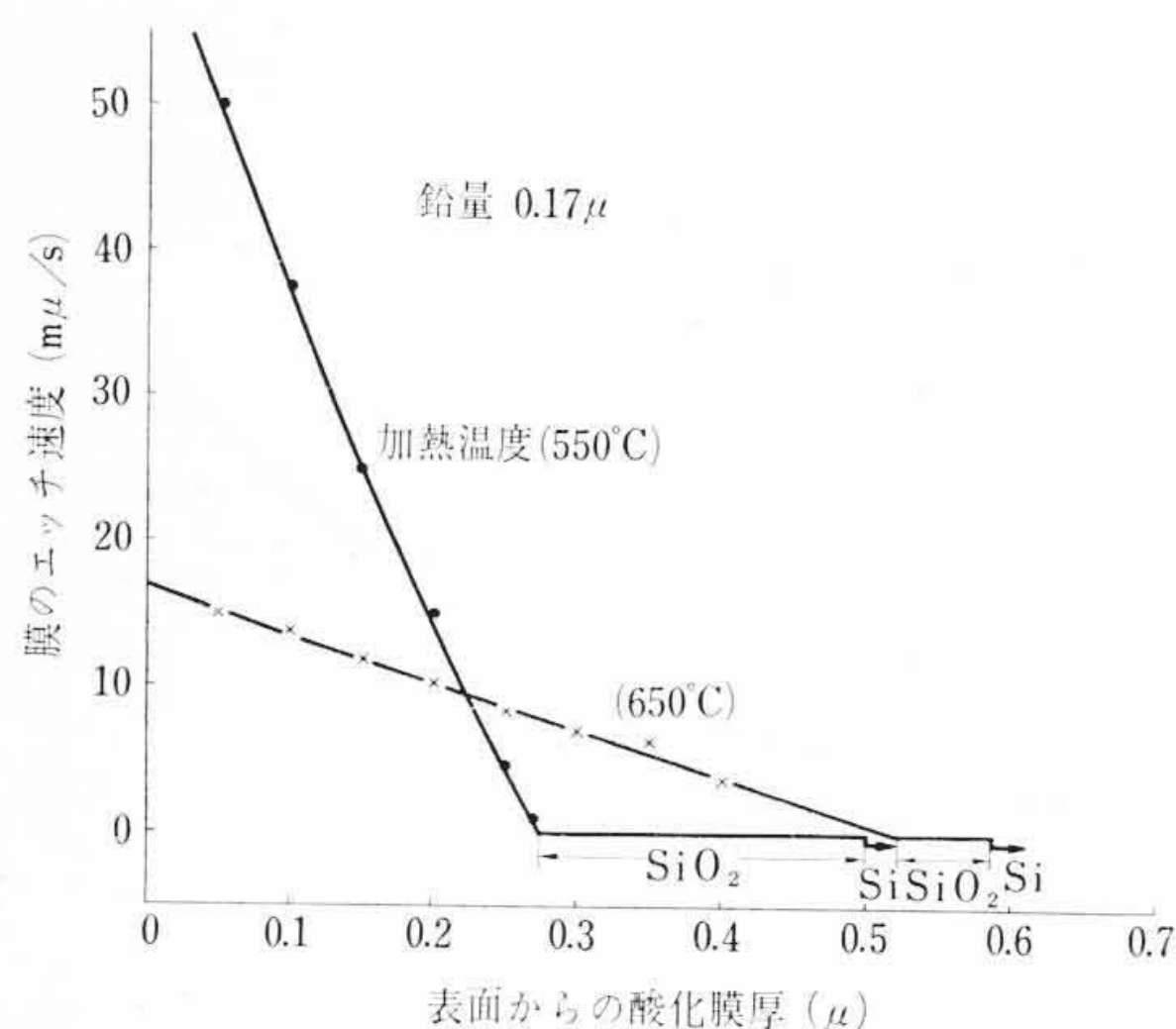
この生成温度は、700～800°C 程度の低温なので、一般の 1,200°C 程度で形成される酸化膜に比し、不純物拡散の進行、シリコン基板の熱ひずみなどは少ない。

テトラエトキシシランの蒸気圧と温度との関係を第3図に示す。反応管へのシラン供給量を常に一定に保つために、加熱温度をかなり精密に制御する必要がある。

生成されるシリコン酸化膜の厚さは、反応管の温度と反応時間に関係する。この様子を第4図に示す。厚さは時間にはほぼ比例して成長する。

このままの状態では、シリコン酸化膜にピンホールあるいはマイクロクラックなど微小欠陥が存在する可能性があり、完全な表面安定化効果が得がたい。表面安定化をより完全にし、高信頼化するために、さらにシリコン酸化膜上に比較的融点の鉛ガラス状物質を形成することにより、被膜の強化を行なう。鉛ガラスには、シリコン酸化膜だけでは得られない良好な耐水性があり、また、PbO によるナトリウムイオンのゲッターリングによる表面被膜の安定性の向上のために、シリコン酸化膜の表面のみをガラス化する。すなわち、生成シリコン酸化膜上に鉛を真空蒸着し、さらに酸化加熱して PbO/SiO<sub>2</sub> 固溶体層を形成する。もちろんこの処理を行なった後には、PbO の分だけ最終膜厚は増加する。この様子を第5図に示す<sup>(6)</sup>。これは鉛膜厚を一定 (≈1,200 Å) にしたときに、加熱後鉛を含んだ部分の表面からの膜厚と、最初のシリコン酸化膜のうち鉛と反応した部分の膜厚が、加熱温度によりいかに変わるかを示したものである。反応は、500°C 程度のかかなり低温から開始している。

この表面安定化膜の PbO/SiO<sub>2</sub> 固溶層と、純粋なシリコン酸化膜の形成比は、各層のエッチ速度が異なることを利用して測定できる。NH<sub>4</sub>F・HF の 1% 水溶液を用いると純粋なシリコン酸化膜は、ほと



第6図 低温酸化膜のエッチング速度

んどエッチされないが、鉛の存在している部分は比較的簡単にエッチされるので、エッチ速度をもって鉛の含有量に比例すると考えれば、鉛の存在している領域を定めることが可能である。第6図では曲線(a), (b)ともに鉛を1,700 Åの厚さに蒸着した資料を用い、加熱温度によりその比がいかに変わるかを示したものである<sup>(11)(12)</sup>。550°Cの加熱では表面から0.27 μ, 650°Cの加熱では0.52 μの深さまで鉛が入りこんでガラス化したことがわかる。

このような鉛を含む低温酸化膜の生成機構は、いくつかの段階にわけて考えられる。第1過程は、鉛蒸着後酸化加熱による酸化鉛の生成であり、第2の過程は、酸化鉛の存在のもとでの酸化反応の加速化である。第3の過程は、表面ガラス膜の形成である。もちろんこの過程は第2過程と連続しておこり、シリコン酸化膜とPbOとの固溶体としていわゆる鉛ガラスが表面に成長していくものである。この鉛を含むシリコン酸化膜の耐水性は、従来の純シリコン酸化膜だけの場合に比べ、著しく改善される。これは、表面安定後の素子を、メチルアルコールの蒸気、あるいは、高圧水蒸気中に放置しコレクタ遮断電流、あるいは、コレクタ降伏電圧の変化を測定することにより容易にわかる。

この理由の一つは、シリコン酸化膜の表面をいったん熔融し、鉛ガラス化することで、シリコン酸化膜に存在する微少欠陥を通しての水蒸気のリークが、消去できることであり、また他の一つは、鉛ガラスは、構造が密であって原子密度が高く、空所が少ないためであると考えられる。

#### 4. PM形トランジスタの製法<sup>(9)</sup>

製造工程の概略は次のとおりである。

##### (1) 表面酸化

エミッタの選択拡散のためのマスクになる酸化膜を形成する。水蒸気を含んだ酸素ガス中で高温処理して4,000~6,000 Å程度のシリコン酸化膜を形成する。

##### (2) ベース拡散

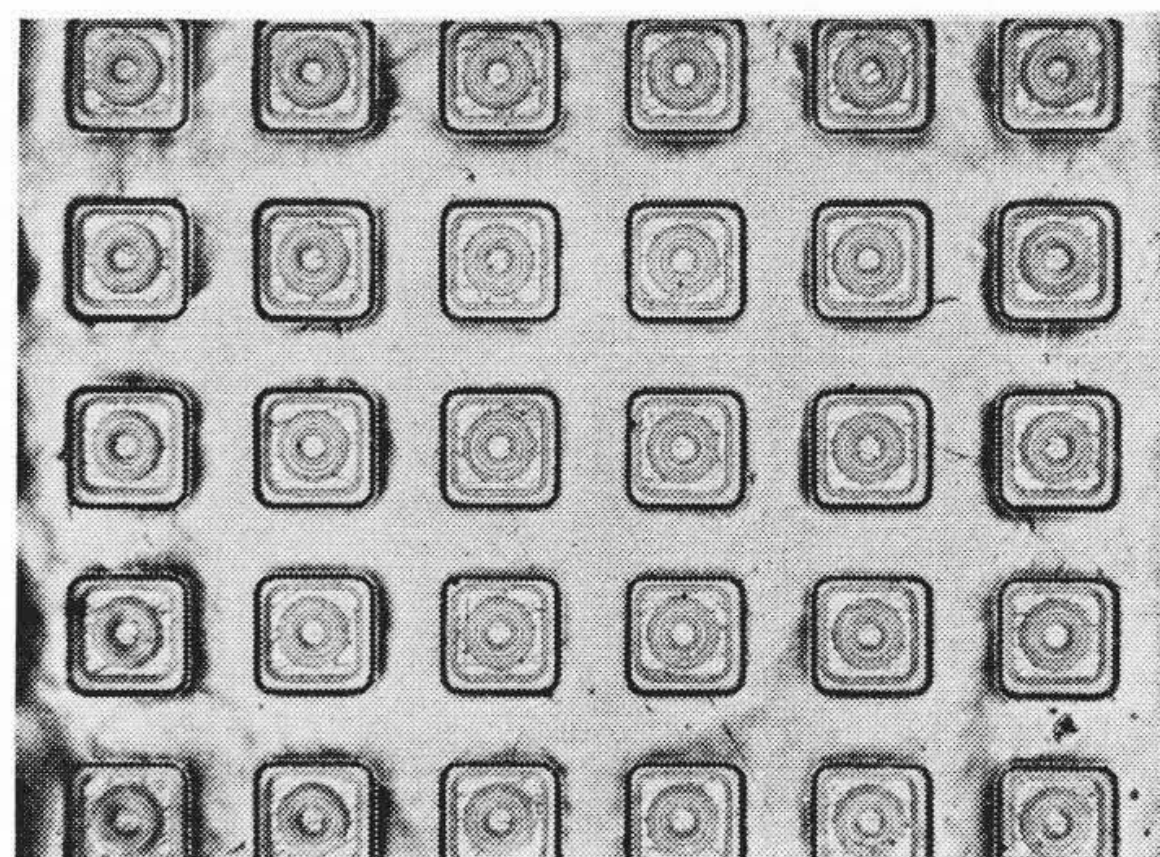
ベース部分を形成するためにP形拡散を行なう。ガリウムの全面拡散であり、プレーナのボロンによる選択拡散にくらべはるかに量産性に富む。

##### (3) エミッタ拡散

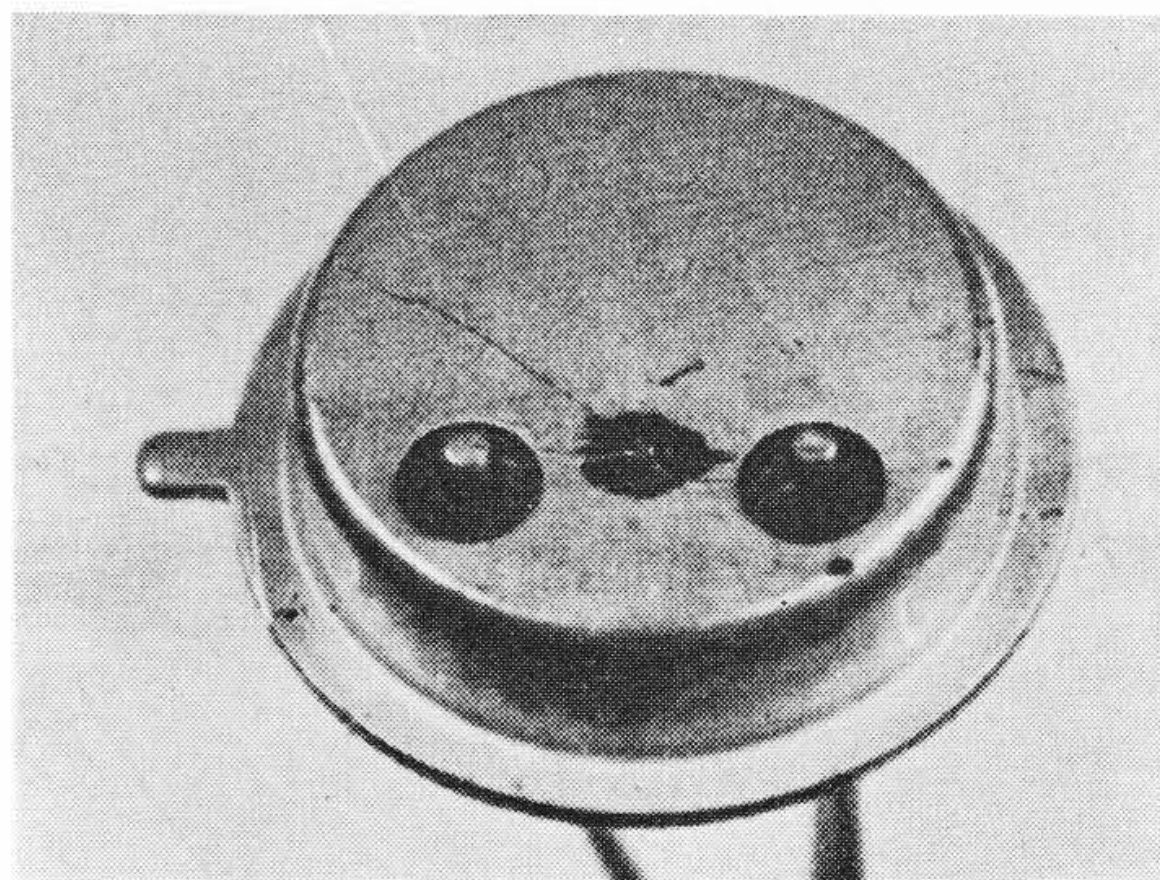
エミッタとなるべき個所の酸化膜を化学エッチでとりのぞき、リンの拡散を行なう。PM形の場合には、ディポジットなしで一度に拡散することができる。

##### (4) メサエッチ

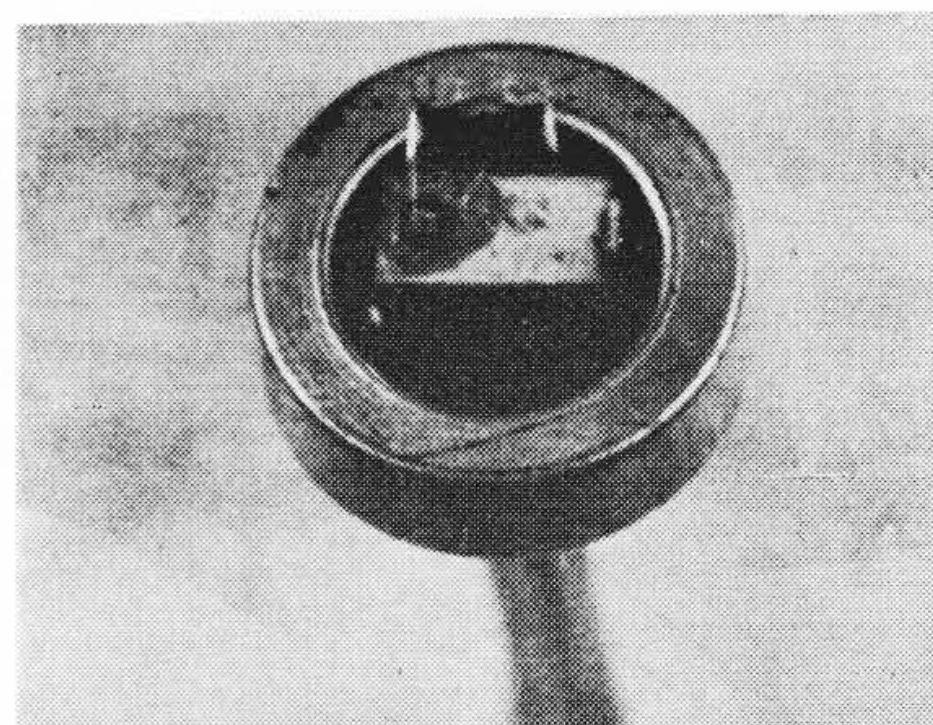
メサエッチを行なって余分のベース部分をのぞき、コレクタ接合の面積を定める。



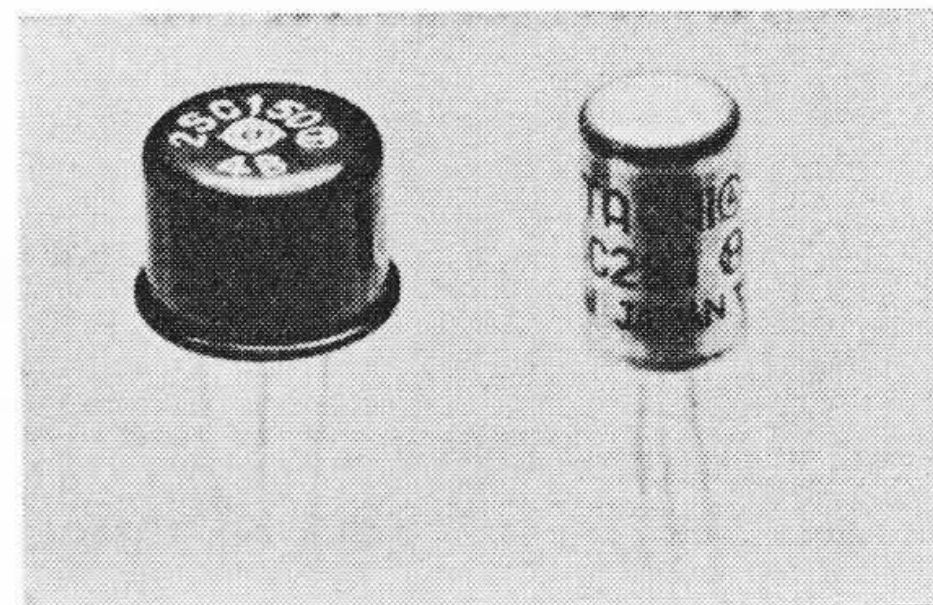
Passivate 後ウェハー



2SC150系組立後



2SC281系組立後



封止完成品

第7図 ウェハー、組立、封止完成後の写真

##### (5) 酸化膜生成

最も重要な工程であり、低温析出法で形成したシリコン酸化膜を結晶表面に被覆する。生成法は前述のとおり。この酸化膜生成の直前に行なう洗浄および化学処理はきわめて重要であり、おろそかにすると特性不良や寿命劣化の原因となる。

##### (6) 電極付

エミッタ・ベースの電極となる部分の酸化膜をホットレジスト法でとり去り、アルミニウムを蒸着し、電極を形成する。その後、ステムに組立、ベーキングし、封止することは一般のプレーナおよびメサ形と同様である。ウェハーおよび素子の組立写真、封止完成品を第7図に示す。

#### 5. 電気的特性

これまで述べてきたように、(1) コレクタ遮断電流が小さい、(2) 低レベルにおいても電流増幅率の低下が小さい、(3) 逆耐圧

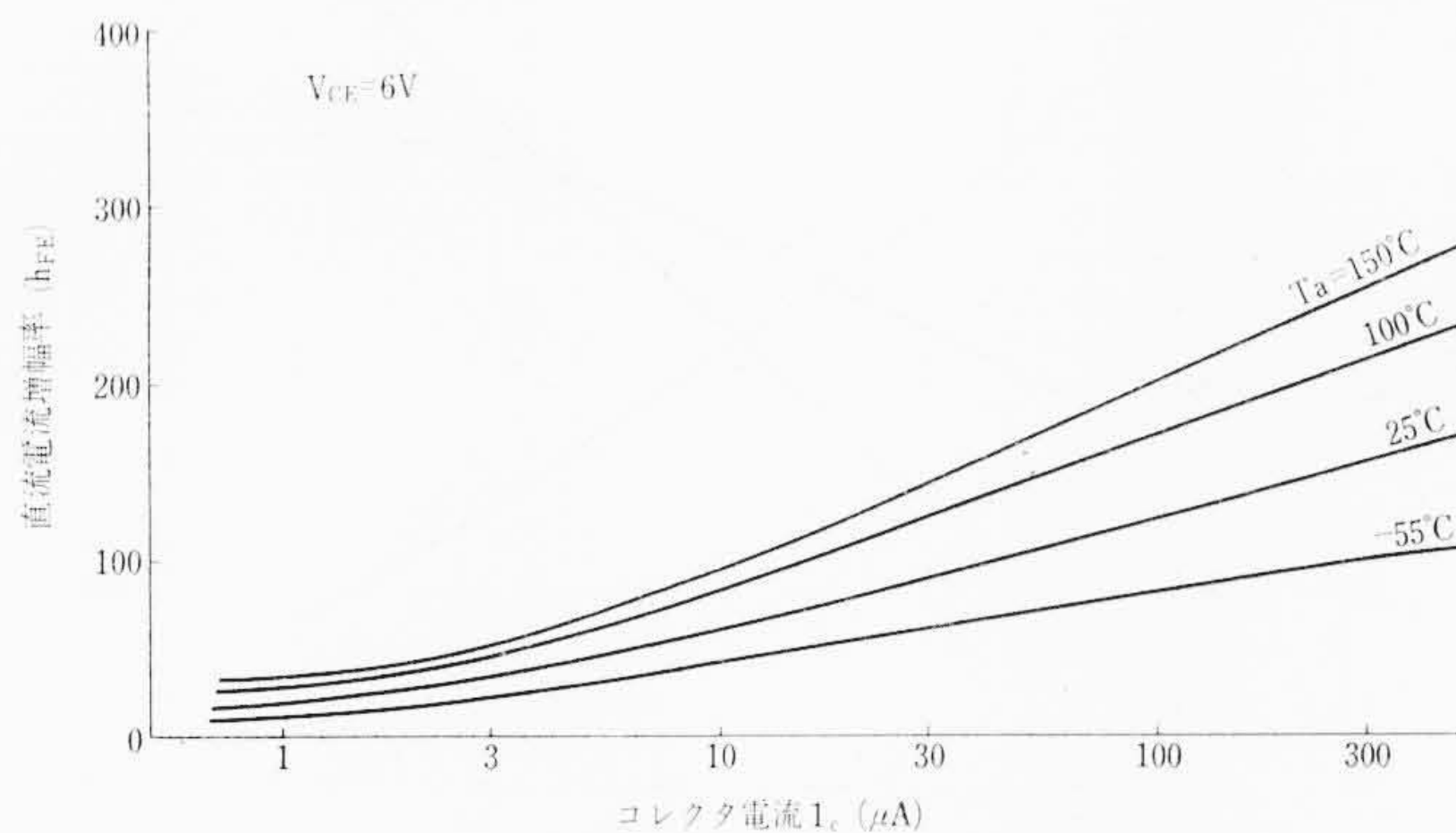
第1表 PM形トランジスタの電気的特性表 (1)

| 品 名     | 構 造    | 用 途           | 絶対最大定格 (Ta=25℃)               |                               |                               |                              |                              |                              | 接合部<br>温 度<br>TJ | 電 気 的 特 性 (Ta=25℃) |     |        |                            |         |                   |               |                |                                |                |                                |
|---------|--------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|--------------------|-----|--------|----------------------------|---------|-------------------|---------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
|         |        |               | コレ<br>クタ<br>電圧<br>VCBO<br>(V) | コレ<br>クタ<br>電圧<br>VCEO<br>(V) | エミ<br>ッタ<br>電圧<br>VCBO<br>(V) | コレ<br>クタ<br>電流<br>IC<br>(mA) | エミ<br>ッタ<br>電流<br>IE<br>(mA) | コレ<br>クタ<br>損失<br>PC<br>(mW) |                  | 動 作 点              |     | hFF    | NF                         | fT      | ▽<br>Cob<br>(max) | rbb'<br>(max) | 最大コレクタ<br>遮断電流 |                                | 最大エミッタ<br>遮断電流 |                                |
|         |        |               |                               |                               |                               |                              |                              |                              |                  | VC                 | IC  |        |                            |         |                   |               | ICBO           | VEB <sup>④</sup><br>VCB<br>(V) | IEBO<br>(μA)   | VEB <sup>④</sup><br>VEB<br>(V) |
| 2SC281⑩ | PM     | 低レベル小信号増幅     | 30                            | 20                            | 5                             | 100                          | -100                         | 200                          | 175              | 6                  | 10  | 60~200 | 17**<br>min<br>17**<br>min | 80 min  | 10                | 150           | 0.1            | 20                             | 10             | 5                              |
| 2SC281  | PM     | 直 流 増 幅       | 30                            | 20                            | 5                             | 100                          | -100                         | 200                          | 175              | 6                  | 10  | 60~500 |                            | 80      | 10                | 150           | 0.1            | 20                             | 10             | 5                              |
| 2SC282⑩ | PM     | 中速度スイッチング     | 30                            | 20                            | 5                             | 100                          | -100                         | 350                          | 175              | 6                  | 10  | 60~200 |                            | 100     | 10                | 150           | 0.1            | 20                             | 10             | 5                              |
| 2SC283⑩ | PM     | 27MC 送 信 増 幅  | 50                            | 20                            | 5                             | 100                          | -100                         | 350                          | 175              | 6                  | 10  | 35~120 |                            | 100 min | 10                | 150           | 0.1            | 20                             | 10             | 5                              |
| 2SC283  | PM     | 27MC 送 信 増 幅  | 50                            | 20                            | 5                             | 100                          | -100                         | 350                          | 175              | 6                  | 10  | 35~250 |                            | 100     | 10                | 150           | 0.1            | 20                             | 10             | 5                              |
| 2SC284⑩ | PM     | 高耐圧スイッチング     | 70                            | 25                            | 5                             | 100                          | -100                         | 360                          | 175              | 6                  | 10  | 35~120 |                            | 80      | 10                | —             | 0.1            | 20                             | 10             | 5                              |
| 2SC317⑩ | 三重拡散PM | 中速度スイッチング     | 70                            | 50                            | 5                             | 100                          | -100                         | 350                          | 175              | 6                  | 10  | 35~200 | 80                         | 10      | 120               | 0.1           | 20             | 10                             | 5              |                                |
| 2SC350⑩ | PM     | 低 雑 音         | 30                            | 20                            | 5                             | 100                          | -100                         | 200                          | 175              | 6                  | 0.1 | 80~300 | 80                         | 10      | 150               | 0.01          | 20             | 0.01                           | 3              |                                |
| 2SC350  | PM     | 増 幅           | 30                            | 20                            | 5                             | 100                          | -100                         | 200                          | 175              | 6                  | 0.1 | 80~500 | 80                         | 10      | 150               | 0.1           | 20             | 0.1                            | 3              |                                |
| 2SD190  | 三重拡散PM | 高 耐 圧 出 力 増 幅 | 300                           | 300*                          | 3                             | 100                          | -100                         | 4W                           | 150              | 10                 | 50  | 30~150 |                            | 25 typ  | 5 typ             | 20 typ        | —              | —                              | 100            | 3                              |

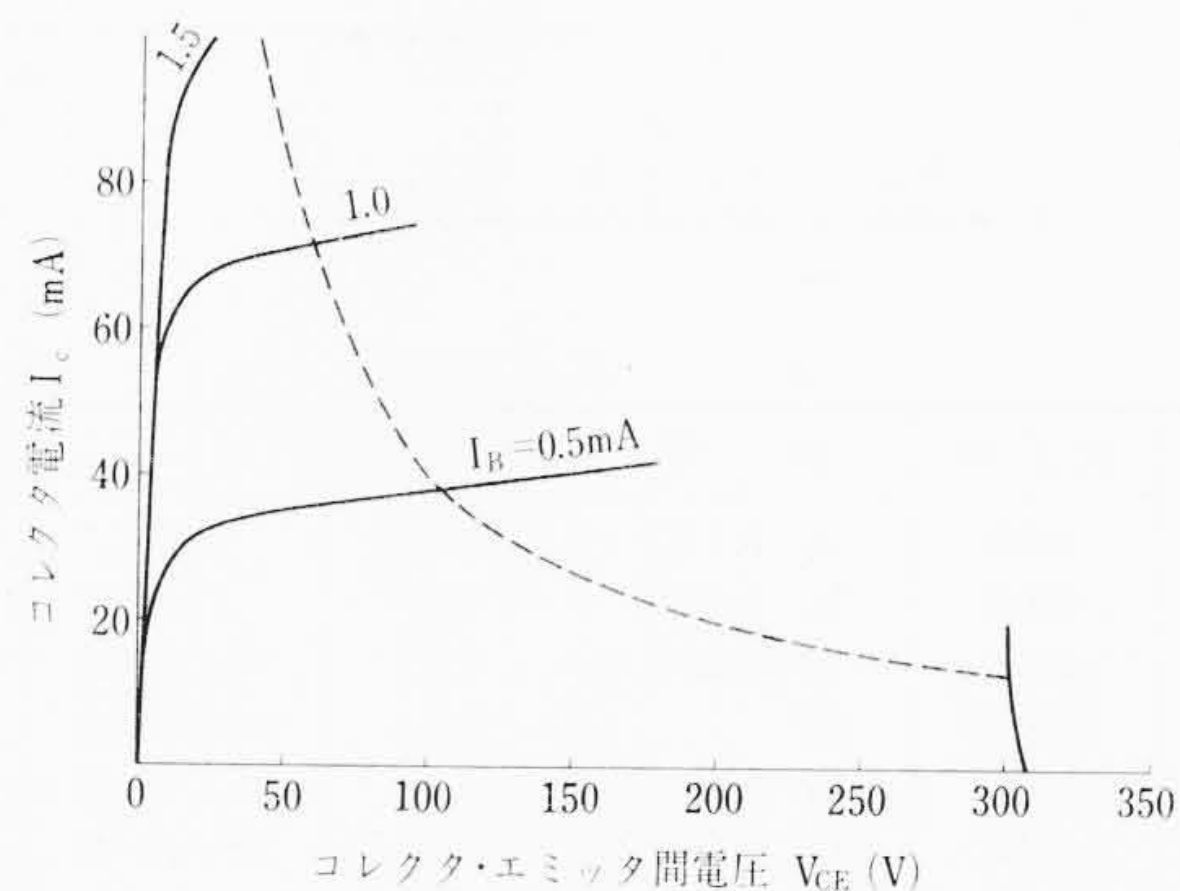
\*  $V_{CE}$  ( $R_{BE}=3\text{ k}\Omega$ ) \*\*  $f=30\text{ c/s}$ ,  $V_{OE}=6\text{ V}$ ,  $I_C=0.3\text{ mA}$ ,  $R_g=50\text{ c}\Omega$ 

第2表 PM形トランジスタの電気的特性表 (2)

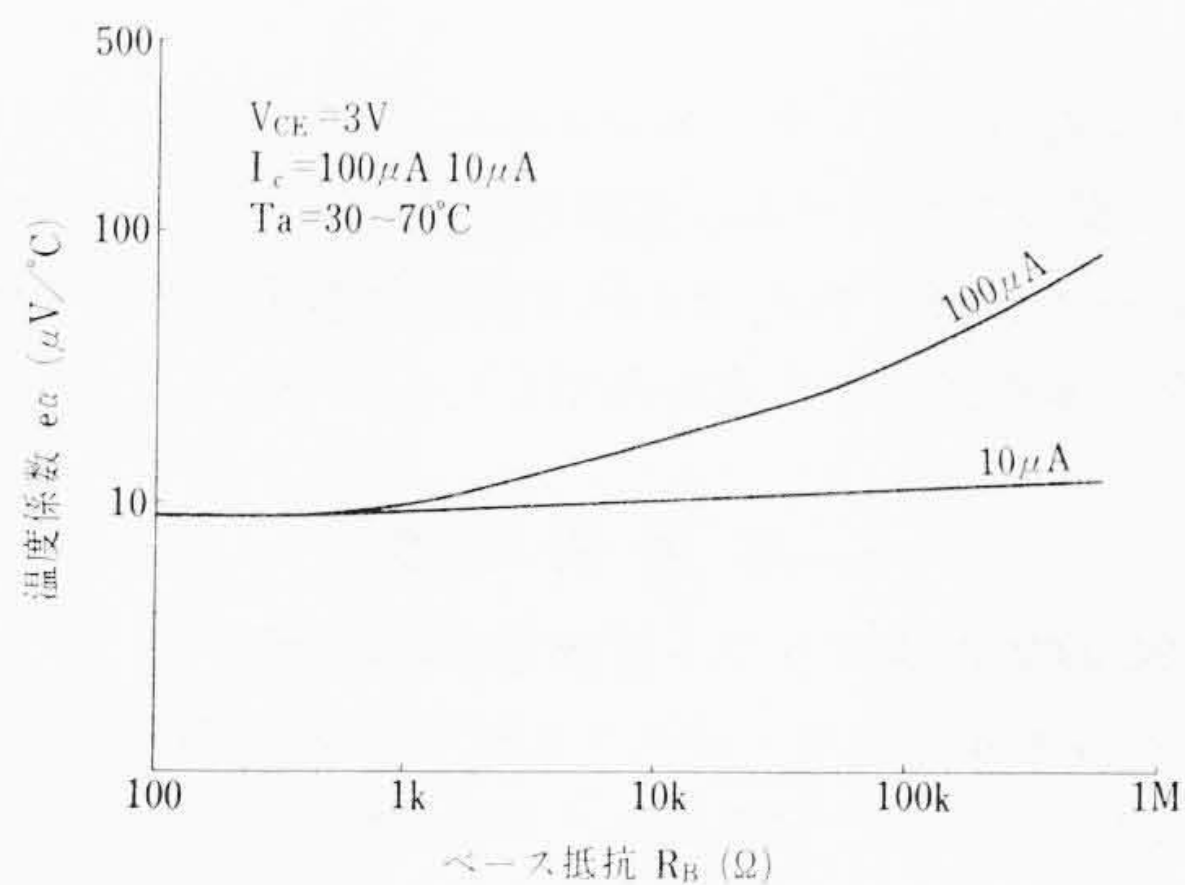
| 形 名     | 構 造               | 用 途  | 絶 対 最 大 定 格 (Ta=25℃)    |                         |                        |                        |                        |                  | 電 気 的 特 性 (Ta=25℃)         |                            |                            |                             |                           |
|---------|-------------------|------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|         |                   |      | コレクタ<br>電 圧<br>VCBO (V) | エミッタ<br>電 圧<br>VEBO (V) | コレクタ<br>電 流<br>IC (mA) | コレクタ<br>損 失<br>PC (mW) | 接 合 部<br>温 度<br>TJ (℃) | 保存温度<br>Tstg (℃) | コレクタ遮断<br>電 流<br>ICBO (μA) | エミッタ遮断<br>電 流<br>IEBO (μA) | 電 流<br>オフセット差<br>Ipi (mμA) | 電 流<br>オフセット差<br>∇Ipi (mμA) | コレクタ<br>電 流 差<br>∇IC (μA) |
| 2SC280⑩ | SiNPN PM形<br>Twin | 直流増幅 | 30                      | 5                       | 10                     | 80                     | 125                    | -30~<br>125      | 0.01 max<br>注 1            | 0.01 max<br>注 2            | 80 min<br>注 3              | 0.9~1<br>注 3                | 10 max<br>注 3             |

注1.  $V_{CB}=20\text{ V}$  注2.  $V_{EB}=15\text{ V}$  注3.  $V_{CE}=6\text{ V}$   $I_C=0.1\text{ mA}$ 

第8図 2SC280⑩ 直流電流増幅率コレクタ電流依存性



第10図 2SD190 コレクタ・エミッタ間電圧対コレクタ電流



第9図 2SC280⑩ ドリフト温度係数とベース抵抗との関係

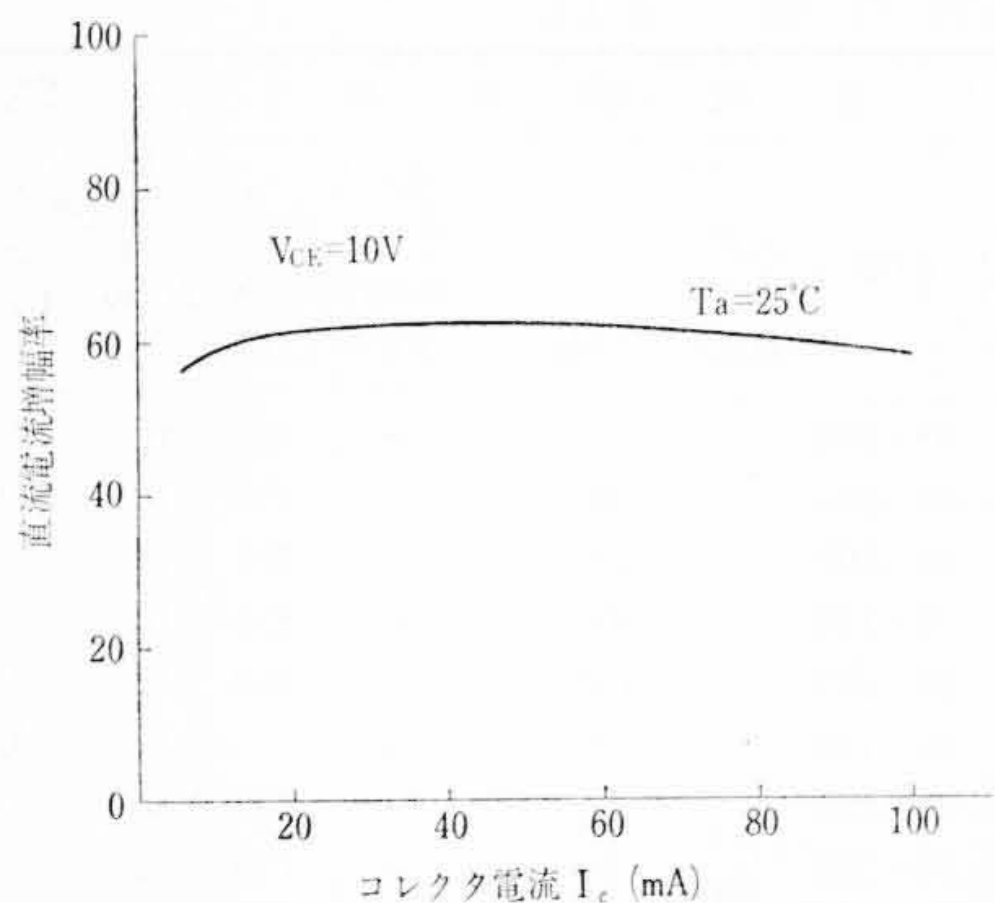
の高いものが製作可能である、(4) 低雑音特性を有する、(5) 信頼度が高いなど PM 形トランジスタには多くの特長があるが、これらを利用して、自動制御機器、直流増幅器、低雑音増幅器、中速度スイッチング、計数回路、計数表示管駆動回路、アナログ演算増幅器終段回路などの高信頼度を要求する通信工業用途ばかりではなく、カーラジオ、テープレコーダ、HiFi アンプの初段のように低雑音高入力インピーダンスを必要とする回路、100 mW 出力 27 Mc 市民バンドラジオの送信出力回路、FM マルチプレックス、ステレオ、アダプタ回路、AC 100V を直接整流して電源とするホームラジオの出

力回路などの娯楽用途と、あらゆる用途にすぐれた性能を発揮することができる。

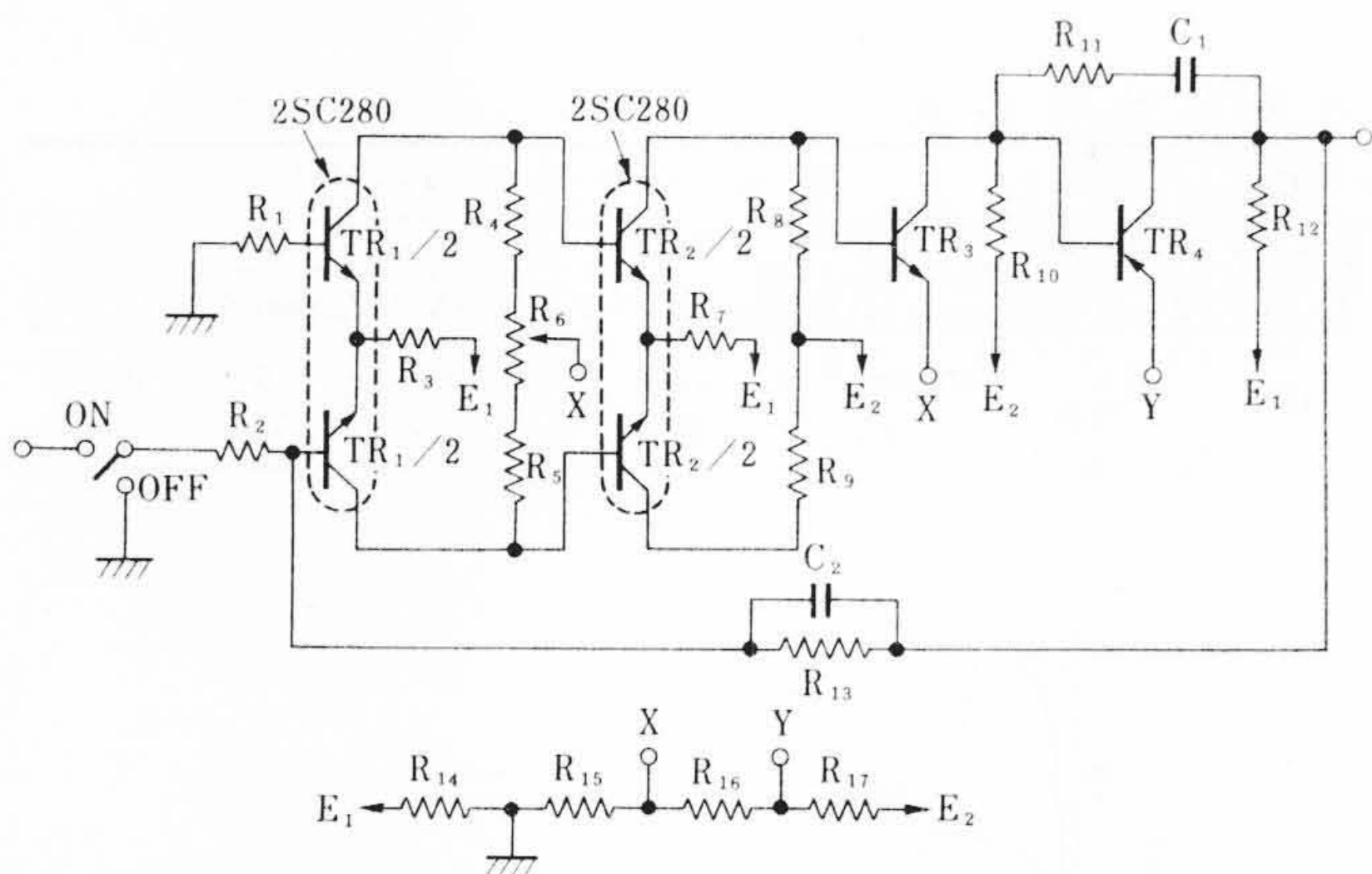
現在は次のような品種を発表しており、これらはいずれも、上述(1)~(5)の特長のいずれかを強調して利用したものである。

- 2SC280⑩ 差動増幅
- 2SC281⑩ 低レベル小信号増幅、直流増幅
- 2SC281 低レベル信号増幅
- 2SC282⑩ 中速度スイッチング
- 2SC283⑩ 高周波駆動増幅
- 2SC283 27 Mc 市民バンドトランシーバ送信発振および出力増幅
- 2SC284⑩ 高耐圧スイッチング、計数表示管駆動
- 2SC317⑩ 高耐圧中速度スイッチング
- 2SC350⑩ 低雑音増幅
- 2SC350 HiFi 初段低雑音増幅
- 2SD190 トランスレスホームラジオ出力増幅

通信工業用⑩品は特に信頼度が高く規格も顧客の便宜を考慮して狭くなっている。第1,2表は上述品種の電気的特性一覧表であるが、このうちで特に注目すべきものとして、2SC280⑩と2SD190の諸特性を第8~11図に紹介する。2SC280⑩は特性のそろった低雑音増幅用2SC350⑩を2個熱伝導度のよい銅粉を用いて熱的に結合し、一つの金属ケースに封じたTwin形トランジスタであるが、



第11図 2SD190 コレクタ電流対直流電流増幅率



| 部 品 表                             |                   |           |                 |         |                     |
|-----------------------------------|-------------------|-----------|-----------------|---------|---------------------|
| No.                               | 抵抗値               | 備 考       | No.             |         | 備 考                 |
| R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub>   | 100K              | 1/4 0.1%  | C <sub>1</sub>  | μF      |                     |
| R <sub>3</sub>                    | 600K              | 1/4 0.25% | C <sub>2</sub>  | pF      |                     |
| R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub>   | 400K              | 1/4 0.25% | TR <sub>1</sub> | 2SC280⑩ |                     |
| R <sub>6</sub>                    | 50KV <sub>R</sub> | 1/4       | TR <sub>2</sub> | 2SC280⑩ |                     |
| R <sub>7</sub>                    | 140K              | 1/4 0.25% | TR <sub>3</sub> | 2SC281⑩ |                     |
| R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub>   | 100K              | 1/4 0.25% | TR <sub>4</sub> | 2SA15 ⑩ |                     |
| R <sub>10</sub> , R <sub>12</sub> | 6K                | 1/4 0.25% | E <sub>1</sub>  | -12V    | 10 <sup>-3</sup> 以下 |
| R <sub>11</sub>                   | 200               | 1/4 5%    | E <sub>2</sub>  | +12V    | 10 <sup>-3</sup> 以下 |
| R <sub>13</sub>                   | 10M               | 1/4 0.1%  |                 |         |                     |
| R <sub>14</sub>                   | 600               | 1/2 0.1%  |                 |         |                     |
| R <sub>15</sub>                   | 300               | 1/2 0.1%  |                 |         |                     |
| R <sub>16</sub>                   | 200               | 1/2 0.1%  |                 |         |                     |
| R <sub>17</sub>                   | 100               | 1/2 0.1%  |                 |         |                     |

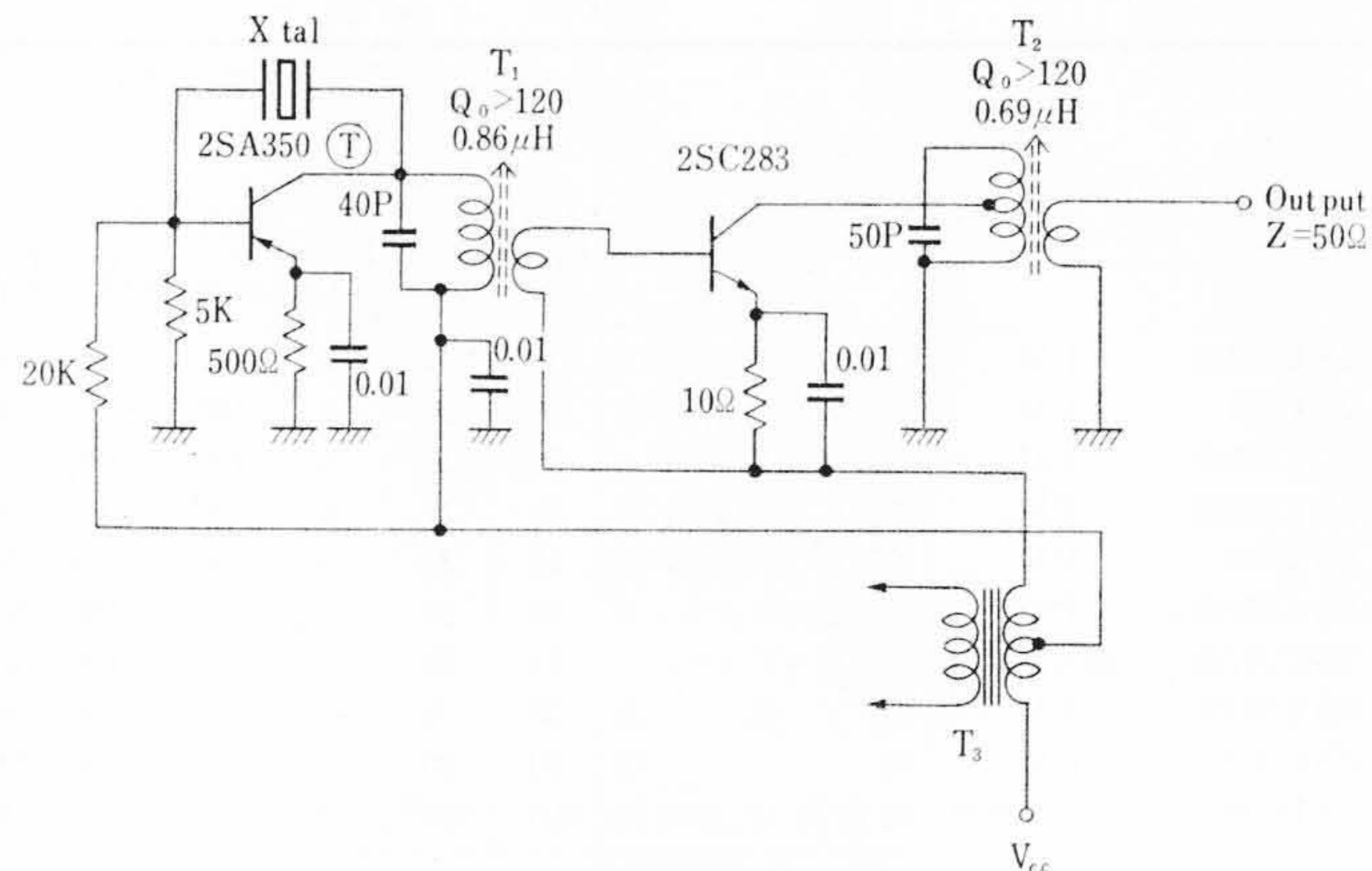
第12図 低ドリフト直流電圧増幅回路

第3表 2SC280⑩ 使用低ドリフト直流電圧増幅回路の特性例

| 電 圧 利 得 (③ 25℃)                                                     |             | 約 40dB       |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| 温 度 変 化<br>(③ 30℃~70℃)                                              | 入力換算温度ドリフト  | 10 μV/℃      |
|                                                                     | 電 圧 利 得 変 化 | 0.1% 以下      |
| 電 源 電 圧 変 化<br>(E <sub>C</sub> , E <sub>E</sub> いずれも<br>17%変化させた場合) | 零 点 ド リ フ ト | 50 μV        |
|                                                                     | 電 圧 利 得 変 化 | 0.2% 以下      |
| 短 時 間 入 力 換 算 雑 音                                                   |             | 20 μV P-P    |
| 室 温 放 置 ド リ フ ト                                                     | 零 点 ド リ フ ト | 20 μV P-P/8H |
|                                                                     | 初 期 ド リ フ ト | 40 μV P-P/数分 |

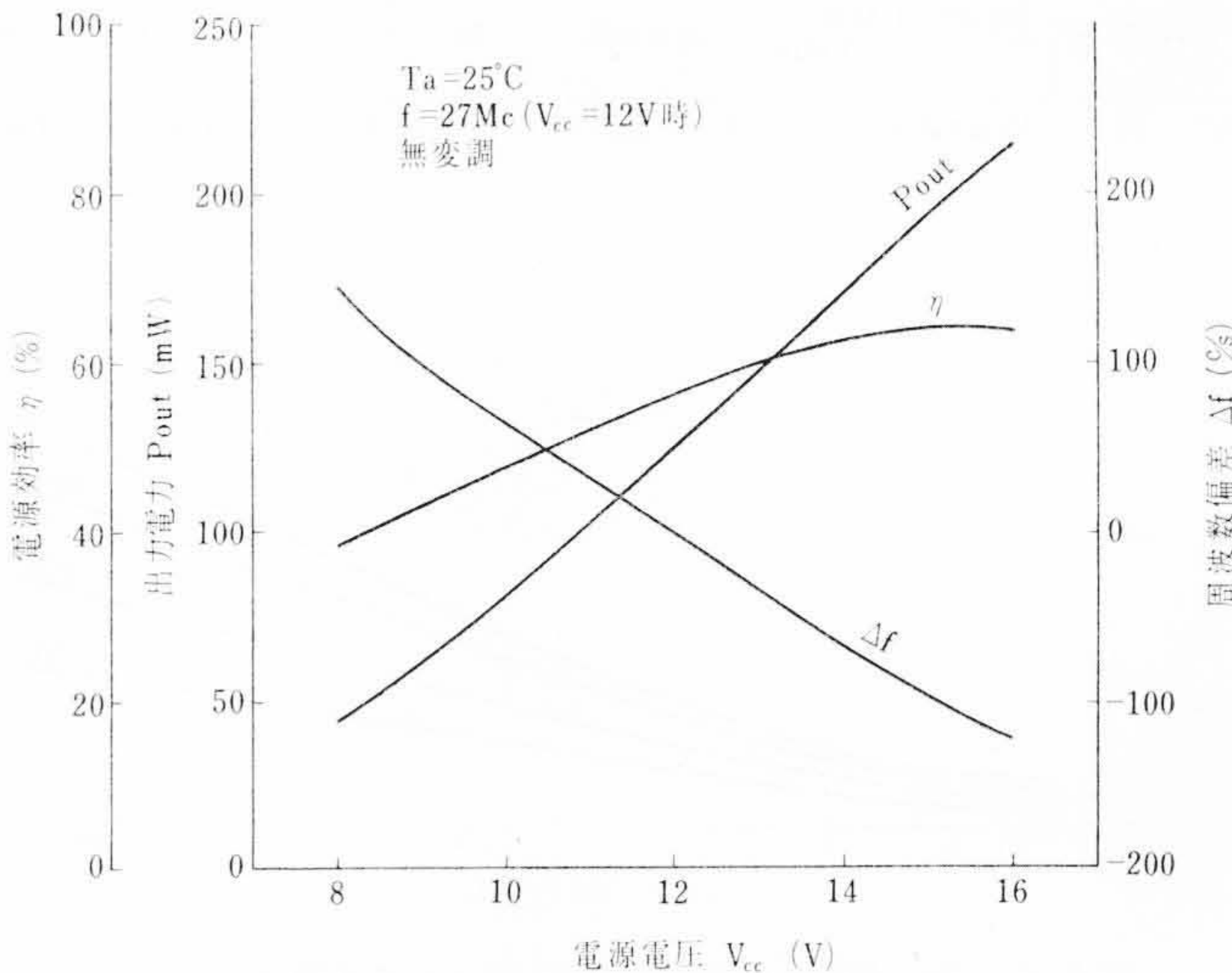
直流増幅器において問題となる数 c/s における雑音レベルが低く、かつPM化されているため従来のメサ形トランジスタに比較して初期ドリフトの小さい差動増幅器を構成できる。この2SC280⑩は、PM形トランジスタの前述の特長のうち、(1) コレクタ遮断電流が小さい、(2) 低レベルにおける電流増幅率が大きい、(3) 信頼性が高い、3点を利用したものといえる。

一方、2SD190は第1表に示すように、きわめて高耐圧の出力ト



- T<sub>1</sub>: 8φ コア入りボビン 0.32φ 2重銅巻線 8 T 2次コイル コールドエンド 2 T  
T<sub>2</sub>: 8φ コア入りボビン 0.5φ ホルマル線 8 T タップ 4 T 2次コイル コールドエンド 2 T  
T<sub>3</sub>: 変調トランス センタータップ付 2次インピーダンス 600Ω

第13図 100 mW 出力トランジスタ送信部回路図



第14図 電 源 電 圧 特 性

ランジスタで真空管式トランスレスホームラジオのトランジスタ化にあたって、最大の難関であった出力段用に開発されたものである。これはプレーナ形構造では、きわめて困難な前述特長のうちの、(3) 逆耐圧の高いものができる点を利用したものである。

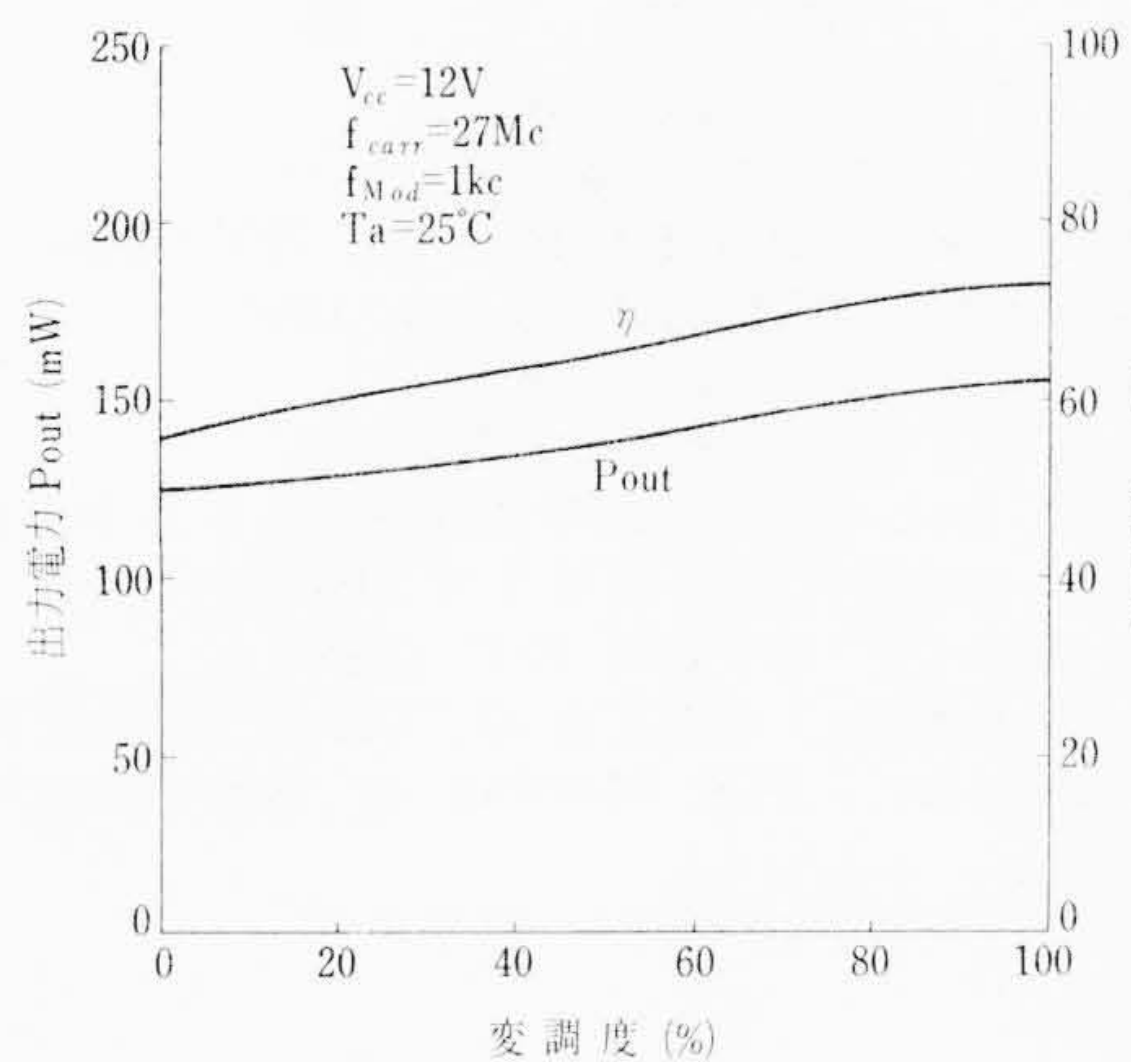
## 6. 応 用 回 路 例<sup>(9)</sup>

### 6.1 2SC280⑩ 低ドリフト直流電圧増幅回路

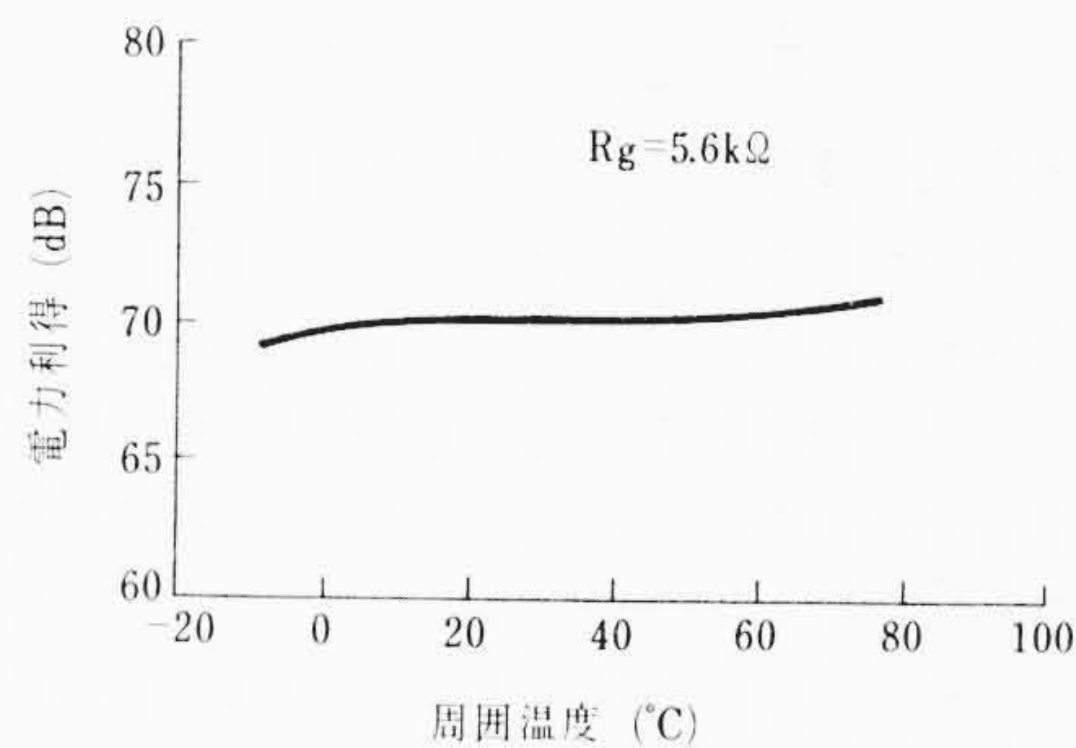
第12図にTwin形トランジスタ2SC280⑩を利用した低ドリフト直流増幅回路を示し、第3表にその動作特性の概略を示す。これは入力インピーダンス100 kΩを有する0~50 mV程度までの直流電圧増幅器で、帰還が施してあるので電圧利得は安定化されている。動作点はコレクタ電流I<sub>C</sub>=10 μAで設計しており、低温度ドリフトの精度の高い直流増幅器になっている。これは帰還インピーダンスを変えることにより演算増幅器としても利用できる。

### 6.2 2SC283を用いた27 Mc 100 mW出力市民バンドトランジスタ送信出力回路

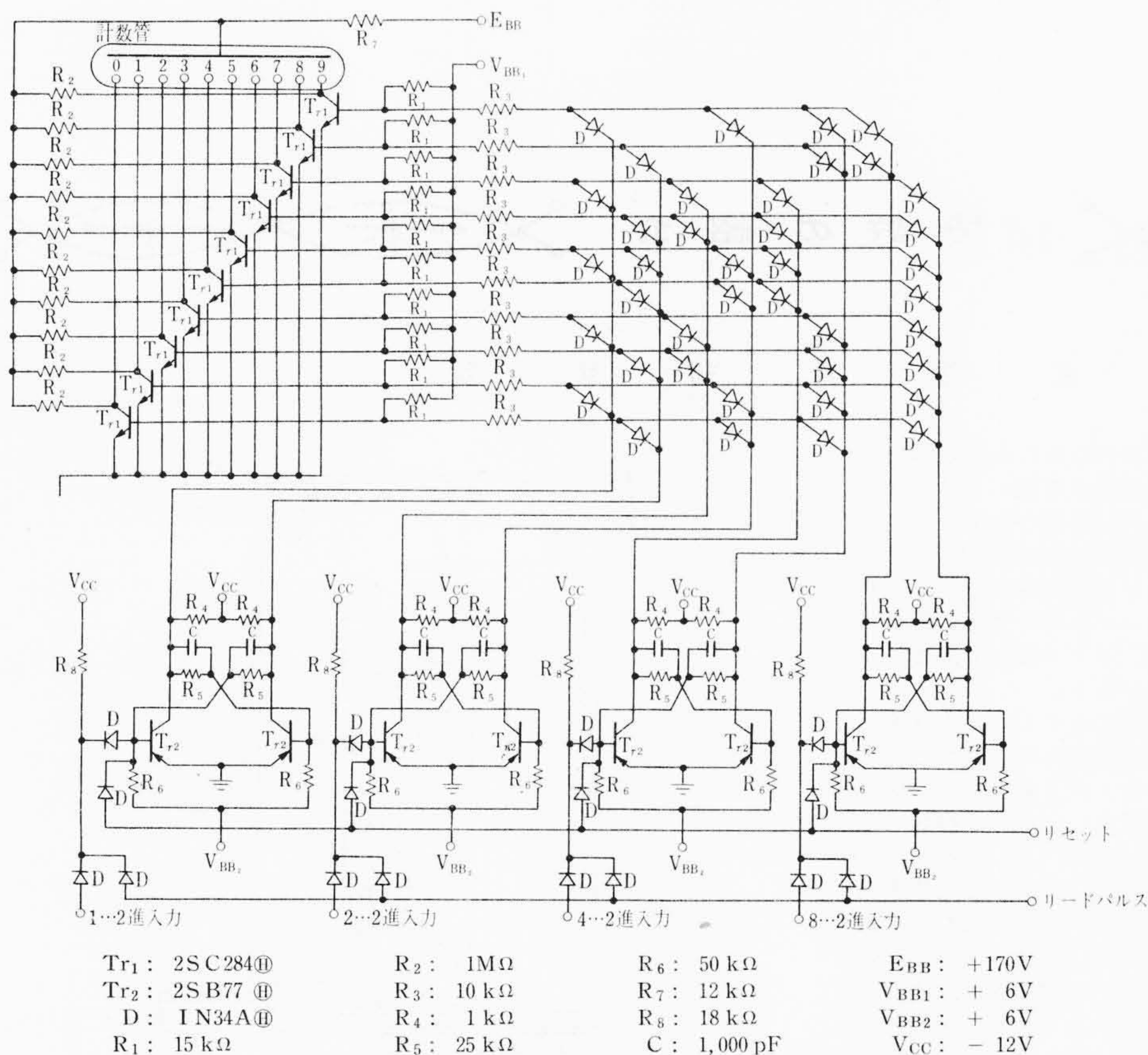
第13図は2SC283を利用した27 Mc 100 mW出力市民バンドトランジスタ送信出力回路を示したものである。このような比較的に小出力の市民バンドトランジスタでは、通話距離を伸ばすため変調を過度に深くすることがある。この場合にトランジスタによっては、異常発振したり、極端な場合には破壊することがある。第13図



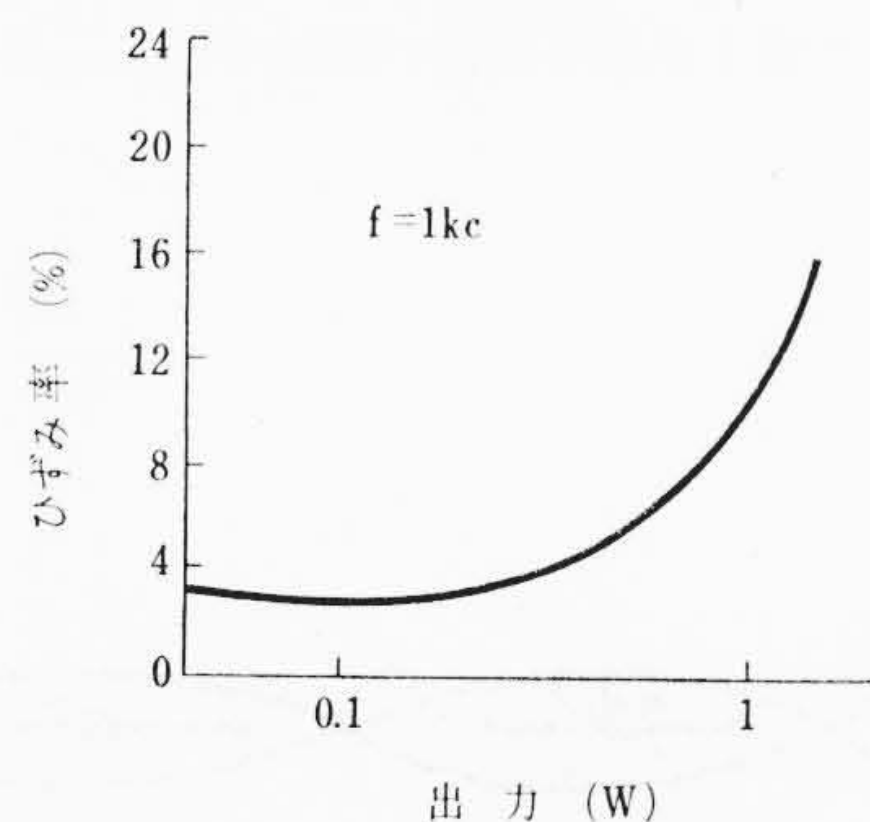
第15図 変調特性



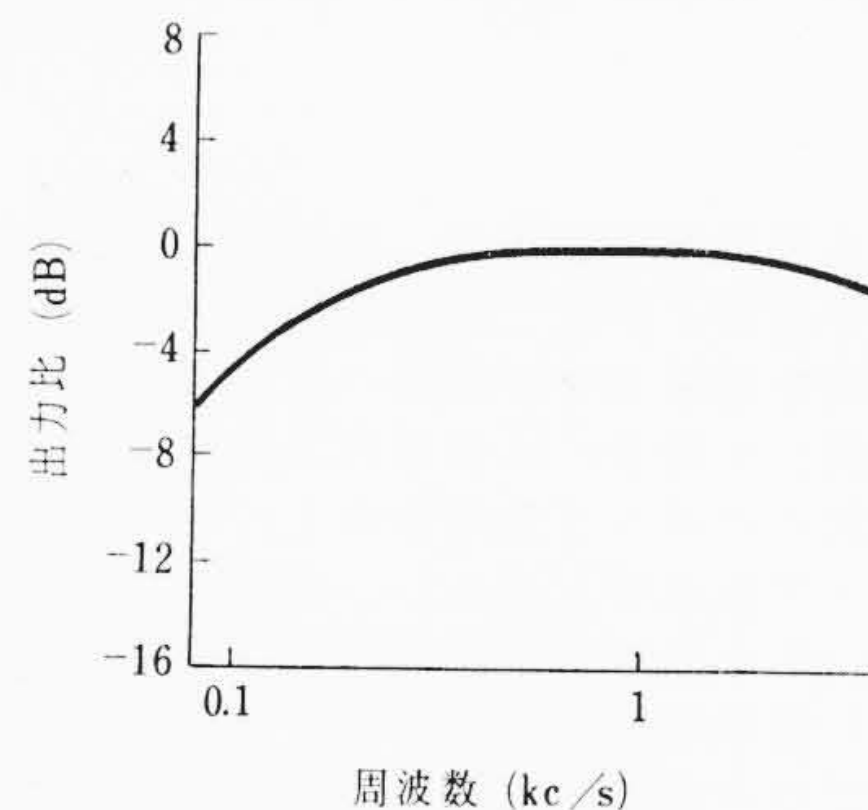
第18図 電力利得の周囲温度による変化



第16図 計数放電管駆動動作例



第19図 出力—ひずみ特性



第20図 周波数特性

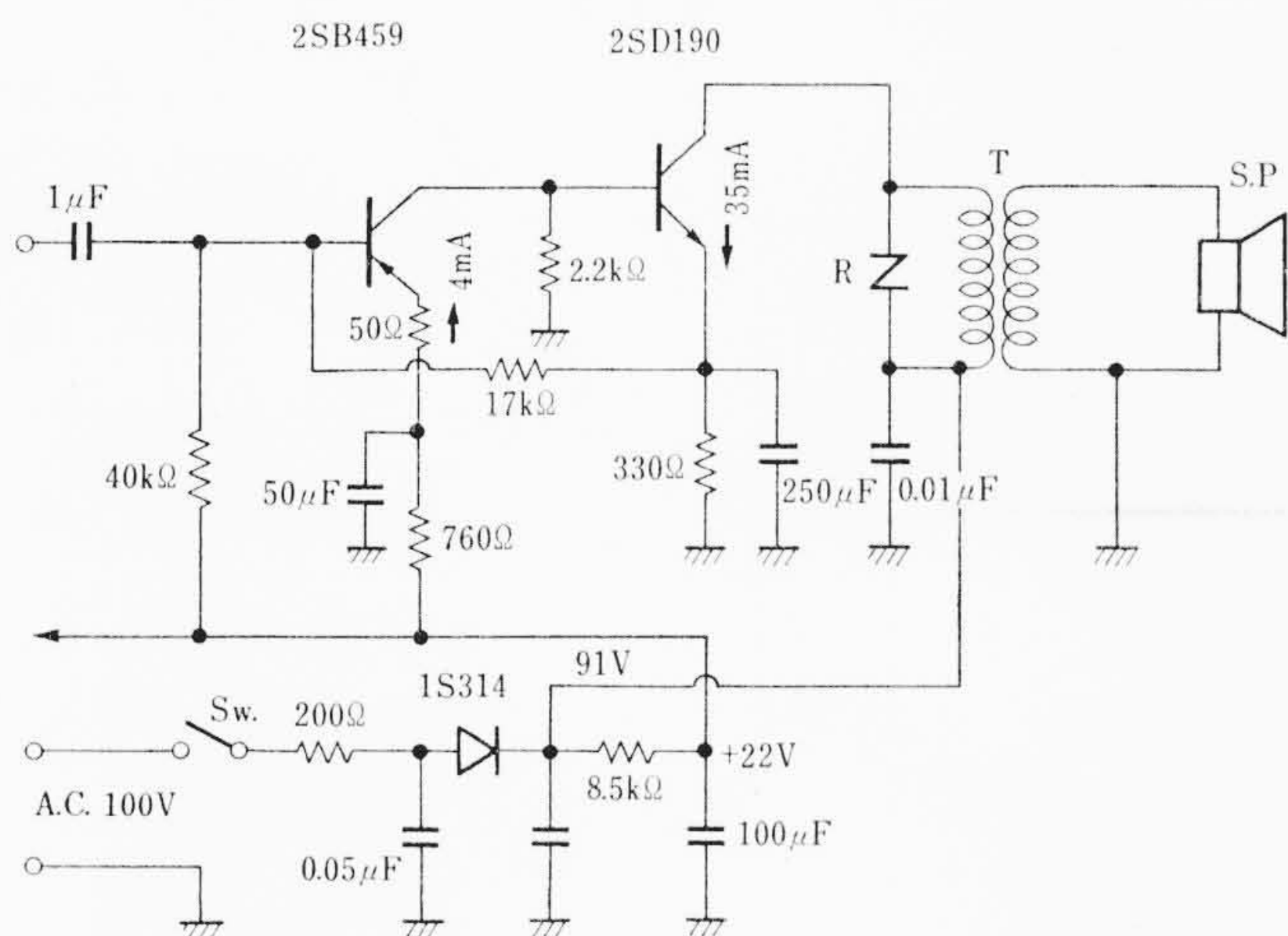
の2SC283使用回路についてはこの点を十分検討してある。第14図に電源電圧特性を、第15図に変調特性を示す。

### 6.3 2SC284⑩ 計数表示管駆動回路

最近あらゆる分野においてディジタル化の傾向がある。特にカウンタ、ディジタル、卓上計算機出力などにおいて、計数表示管と称する冷陰極放電管を使用しており、これの駆動に2SC284⑩を使用している。第16図はその使用例を示したものである。このトランジスタには、(1)コレクタ・エミッタ間破壊電圧が高いこと、(2)コレクタ遮断電流が高温においても十分小さいこと、(3)直流電流増幅率が高いこと、(4)動作領域内において電子なだれ破壊をおこさないことが必要であり、2SC284⑩はこれらの要求をすべて満たすことができ、電源電圧200Vの計数表示管駆動回路まで使用可能である。

### 6.4 2SD190 ホームラジオ出力増幅回路

第17図は2SD190を利用した電源トランスを使用しないで、AC100Vを直接整流して簡単なCRフィルタを通した出力で動作するトランスレスホームラジオの出力増幅回路を示したものである。A級増幅で無ひずみ最大出力1Wを得ている。第17図のRは2SD190保護用のシリコンカーバイトバリスタである。その動作特性は第18～20図に示すとおりである。



第17図 2SD190 使用トランスレスホームラジオの出力増幅回路

## 7. 結 言

新しく開発したPM形トランジスタの構造、製法、特性および応用回路について述べた。PM形トランジスタはプレーナ形トランジスタとメサ形トランジスタの長所を兼ねそなえたトランジスタでその用途は広い。表面安定化処理は、一般のメサ形トランジスタ、三重拡散形トランジスタのみならず、エピタキシャルトランジスタにも利用できる。

また、超高周波および大電力用トランジスタへの応用も効果があり、その発展が期待される。

終わりに、当開発にあたって終始適切なご示唆、ご協力をいただいた電子部品事業部の関係各位に、厚く感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 徳山：38年連大 No. 1510
- (2) 徳山：39年信学全大 No. 444
- (3) T. Tokuyama：Pro. I. E. E. E. 52, 723 (1964)
- (4) M. M. Atala：BSTJ, July. p. 933 (1960)
- (5) 中村：37年信学全大 (昭9-8)
- (6) 徳山：40年電気四学会連大 No. 1691
- (7) 鈴木仁，吉村，阿部：40年電気四学会連大 No. 1698
- (8) 鈴木仁，初鹿野：電子展望 7月 (1964)
- (9) 阿部，鈴木仁：電子材料 10月 (1964)
- (10) 鈴木仁，佐藤直：日立評論 47, (昭40-10 発表予定)
- (11) T. Tokuyama：ECS Meeting at San Francisco May (1965)
- (12) 徳山：信学会 TRS 研究会 40年4月



登録新案第741247号

## 特 許 の 紹 介



秋 丸 舜 二

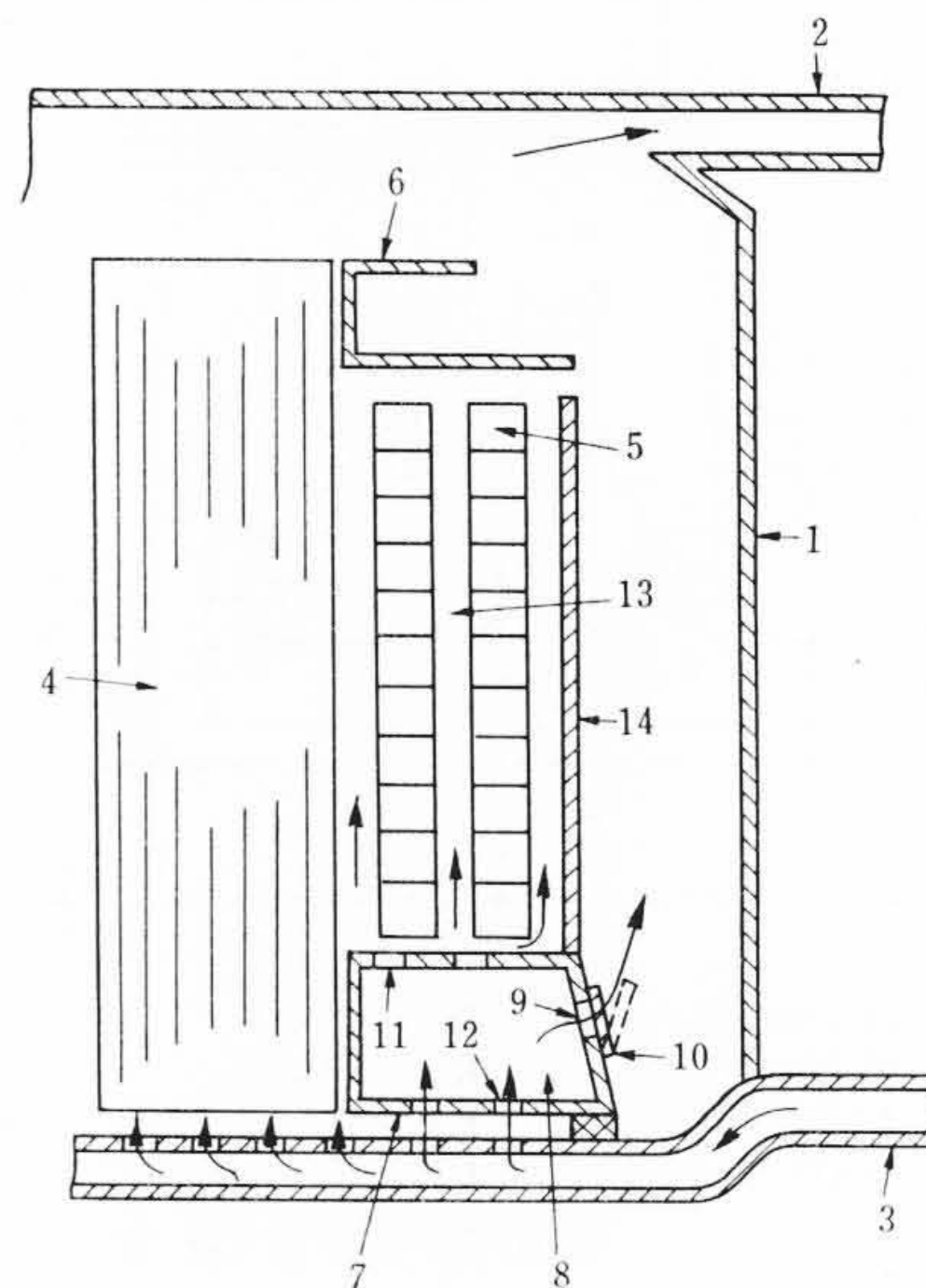
## 変 圧 器 冷 却 装 置

大容量変圧器では、巻線および鉄心の冷却のために共通の専用ポンプをおくかまたは、油槽内通油用の油冷却器の送油ポンプからくる油を巻線および鉄心へ分けて導いているが、共通の専用ポンプを設置した場合には油槽内通油に比して通油量が割に少ないためにそのためのポンプ数が少なく、万一故障すると負荷を制限したり予備ポンプを必要とするし、油冷却器の送油ポンプを利用すると流量が多いため巻線内の流体損失が増加するから、ポンプ特性上流量が減少し油冷却器の冷却効率を低下させる欠点がある。

この考案は上記の欠点を除去するため、図に示すように上部および下部に送油管2および3を設けた変圧器油槽1内に収納するコイル5を巻装した鉄心4の上下の締付金具6および7のうち、下部の締付金具7を利用して箱形樋状の油溜8を形成し、この油溜8にはコイル5間の油通路13に向かって開く油案内間隙11、油導入管3に速通するように開口した油案内間隙12を設ける以外に、油槽1内に開口する放出用孔9を設け、この孔には油溜8の室内圧の予定値により開閉する放出弁10を設けて冷却装置を構成したものである。

この考案によれば、コイル5内を流れる油量と遮蔽板14、油槽1壁間を流れる油量を相互に融通し合って所望のバランスを保たせることができるから、送油ポンプとしてコイル、鉄心用の外に油槽内用として別設せず共用しても大容量ポンプによる送油を行なうことなしに、各通油路の冷却油量を適正に配分することができる。

(白土)



第 1 図