

# 使用上の注意事項

## ●半導体素子の選定

半導体素子の信頼性は、主に使用条件によって決定されます。使用に際しては、十分使用条件の変動を考慮し、各素子について規定されている項を理解することが必要です。以下最大定格その他注意事項を記述しますので、これらを十分理解していただき、適正な素子を選定してください。

### (1) 最大定格について

半導体素子の温度・電圧などの使用できる限界を定める最大定格としては絶対最大定格を用いて規定することになっています。絶対最大定格とはすべての製品に適用される動作条件及び環境条件の限界値であって、この限界値はいかなる最悪の条件下においても超えてはならないものです。これらの規格は製造業者によって決められ、これらの規格以内で使用する限り、その特性を十分発揮できることを保証するものです。

半導体素子を使用される側では機器の設計には、供給電圧の変動、部品のバラツキ、負荷の変動、環境の変化などを考慮し最悪の条件下でも絶対最大定格を越すことのないようにする必要があります。この絶対最大定格値を超えると、ただちに劣化、または、破壊に至り、たとえ動作していてもその寿命は極度に縮まる可能性もあります。

また、半導体素子の定格は単独に存在せず、温度・電圧・電流・電力はいずれも密接な関係にあり、どの規定についても超えることは許されません。

### (2) 最大許容電圧

エミッタ・ベース間、コレクタ・ベース間、コレクタ・エミッタ間にトランジスタを破壊せずに印加できる最大の電圧をいい、この最大許容電圧を超えるとトランジスタは破壊することがあります。通常当社では、ブレイクダウン (Break down) 電圧をその素子の最大許容電圧とし、ブレイクダウン電圧が規定の電圧以上であることを保証しています。そのため規定の電圧以上を印加しても破壊に至らないこともありますが、素子のバラツキを考慮し必ず規定の電圧以下で使用してください。

エミッタ・ベース間、コレクタ・ベース間については、それぞれPN接合ですが、コレクタ・エミッタ間はこの両接合に関係するためエミッタ・ベース間が順・逆いずれの方向にバイアスされているかの条件により最大許容電圧は異なります。一般的には

$$BV_{CBO} > BV_{CEX} > BV_{CES} > BV_{CER} > BV_{CEO}$$

の関係があり  $BV_{CBO}$ 、 $BV_{CEX}$ 、 $BV_{CES}$  には大きな差はありません。実際にブレイクダウン電圧は、電流が急激に増加した領域において、電流がある定められた値になる点の電圧として測定されます。最大定格はこのブレイクダウン電圧がそのトランジスタ全部について十分に余裕を持って入るように定められています。この余裕は品種によって異なりますが、最大許容電圧はブレイクダウン電圧の50~80%程度にしています。

最大許容電圧は周囲温度 25°C における定格として与えられています。したがって接合温度が最大許容値に近い状態である場合には周囲温度 25°C における最大許容電圧をそのまま印加することはできません。このような場合使用回路によっては安定度が悪く、熱暴走 (Thermal Runaway) を起こす危険性があります。熱暴走はトランジスタの電流増幅率、または、しゃ断電流 ( $I_{CBO}$ ) が温度上昇とともに増加し、ベース電圧 ( $V_{BE}$ ) が減少するため何らかの原因でコレクタ接合部温度が上がるとコレクタ電流が増大し、これがさらにコレクタ接合部温度を上げるというサイクルが繰り返され、トランジスタがついに破壊、または、劣化などの動作不能になる現象をいいます。

実際の使用には一般に定格値に対してかなり余裕をとって考えなければなりません。通常は周囲温度 25°C における定格値の80%以下で使用してください。

### (3) 最大許容電流

トランジスタは3端子素子でありますから、それぞれの端子について最大許容電流が規定されるべきですが、通常はエミッタ電流、または、コレクタ電流だけを規定しています。コレクタ電流の最大値は通常、直流電流増幅率 ( $h_{FE}$ ) が最大値の50%程度に低下する電流で規定しています。また、せん頭電流定格の場合は、最大許容接合部温度内で信頼性が確保される値としています。ベース電流の最大値は単体トランジスタの場合、通常コレクタ電流の1/3程度としています。

## トランジスタ

## (4) 最大許容接合部温度

接合部温度はトランジスタを構成する材料の性質及び寿命と温度の関係から限定されます。また、トランジスタは少数キャリアを利用しているために温度の影響を受けやすく、特にバイアスをかけたコレクタ・ベース接合部では温度が上昇すると信号に無関係にキャリアが発生し動作点が移動し、最悪の場合には熱暴走を経て破壊に至りますので、接合部温度が上がりすぎないように回路設計上からも十分考慮する必要があります。トランジスタの劣化は接合部温度が高くなると非常に早くなります。なお、平均寿命  $L$  (h) と接合部温度  $T_j$  (°K) には次の関係があります。

$$\log L = A + \frac{B}{T_j}$$

高信頼性を期待するためには、接合部温度をできるだけ下げることがあります。当社トランジスタは通常 150°C を最大値としていますが、100°C 以下で使用されることをお奨めします。

## (5) 最大許容損失

接合部温度は、トランジスタで消費される電力による熱の発生及び周囲温度の上昇により上昇します。接合部温度が最大定格値に達する消費電力が最大許容損失です。

$$P_{CMax} = \frac{T_{jMax} - T_a}{R_{th}(j-a)}$$

ここで  $T_{jMax}$  は最大許容接合部温度、 $T_a$  は周囲温度、 $R_{th}(j-a)$  は熱抵抗であり  $j-a$  は接合部から外気までのすべての熱抵抗を含んでいます。したがって放熱板を利用して放熱効果を上げるようにしていただければ熱抵抗は小さくでき許容損失の改善ができます。なお、通常は直流的な許容損失しか記載していませんが、スイッチング動作に使用する場合は、この定格を超えてもよいことがあります。飽和スイッチングの場合トランジスタの飽和領域と、しゃ断領域を往復します。このいずれの場合も消費電力は少なく、また、負荷曲線に沿って移動する過渡状態の損失を無視できれば電圧、電流の各々の定格を超えない範囲で

$$V_{CE} \times I_C > P_{CMax}$$

の領域を動作点が移動してもかまわない場合があります。最大許容損失は十分な信頼度試験、破壊試験を繰り返し決定されたものですが、通常定格値の 75% 以下をお奨めします。

## (6) 最大許容保存温度範囲

半導体製品を放置しておく場合の環境条件として、特に温度について規定しています。上限は最大接合部温度及びパッケージ材料で決まります。また、下限はパッケージ面から規制されています。当社は通常 -55~150°C としています。

## (7) 二次降伏 (S/B) と安全動作領域 (SOA)

(6)の項までに述べてきましたことはすべて通常状態における定格を示していますが、インダクティブ負荷あるいは急激な電圧電流の上昇が考えられる動作の場合、平均的な最大許容接合部温度のみでは考えられない破壊が起こります。これは主に二次降伏現象 (Secondary Break down) であり、フライバックパルスの発生、負荷の短絡、大幅な負荷変動などにより発生します。二次降伏現象は一次降伏の後にさらに電流を増加させ、ある電圧、または、電流点に達すると瞬時に低いインピーダンス領域へ転移し大電流が流れて破壊するものです。トランジスタを破壊させたり劣化させることなく高い信頼性で使用できる領域を安全動作領域 (SOA: Safety Operation Area) とよび、これは最大電圧、最大電流、最大コレクタ損失及び二次降伏によって規定されます。

## (8) 特性のバラツキ

トランジスタは各工程ごとに厳しく品質標準、管理点が決められ、大規模な量産を行っていますが、原材料のバラツキ、工程処理条件のわずかな変動で特性が変動し、ロット間変動だけでなく、ロット内や、ウエハ内でもバラツキは現れます。これらは、手直し修正はできないものです。バラツキの要因としてはウエハの比抵抗、厚み、拡散濃度、深さ等があり、 $h_{FE}$ 、 $BV_{CBO}$ 、 $C_{ob}$ 、 $f_T$  などほとんどの特性にバラツキとして現れます。これらのバラツキはロット検査、または、全数検査によりカタログ記載の項目については一定の範囲に抑えています。

## トランジスタ

### ●試験・検査

特に試験器・検査器が発生するノイズにご注意ください。商用電源の電圧サージにより素子が破壊・劣化を生じることがあります。また、各計測器は十分にアースをとってください。耐圧測定時、カーブトレーサなどでブレークダウン電圧が測定されることがしばしばありますが、電圧は徐々に印加するとともに制限抵抗の設定に注意し、規定の電圧以上は印加しないようにお願いします。また、測定器端子との接触不良はサージの原因となりますので十分注意してください。

### ●運搬・保管

運搬・保管にあたっては次の点に注意してください。

- (1) 高温高湿を避ける。
- (2) 静電気を避ける。(発泡スチロールの箱などには入れないよう、できるだけ静電気発生のおそれのない容器に保管してください。)
- (3) 保管雰囲気は特に有害なガスの発生がなく、塵埃の少ない状態にしてください。
- (4) 保管状態で素子に大きな荷重がかからないようにしてください。
- (5) リードフォーミング後は、長時間の保管は避けてください。(フォーミング時のキズなどで錆の発生する可能性があります。)
- (6) 保管時及び保管から取り出す際、急激な温度変化は避けてください。

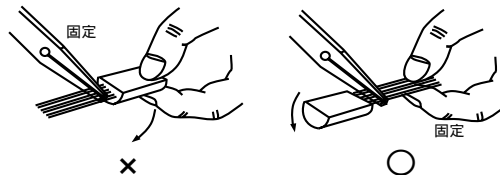
### ●工程での取扱い

工程での取扱い時、機械的、熱的、電氣的、化学的なストレスをできるだけ加えないよう注意してください。

#### (1) 端子成形

リード線（端子）の成形にあたっては、リード線に加えた応力がパッケージに伝わらないよう、また、リード線のみに応力を加える場合も力が逃げないようにしてください。

- 1) パッケージ本体をもって曲げない。(250g以下の荷重)

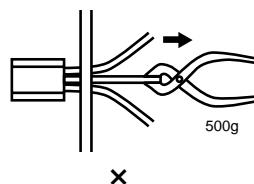


- 2) 端子を引張らない。(500g以下の荷重)
- 3) パッケージ本体の根元からは曲げず1.0mm以上離してください。
- 4) 曲げは繰り返さないでください。
- 5) 端子にキズを付けないでください。端子表面は、はんだですが、下地が露出しますと酸化し、はんだ付け性が劣ります。

#### (2) 基板への取付け

注意事項は端子成形とほぼ同じです。

- 1) 基板取付け寸法は端子間隔と一致させ、異なる場合はあらかじめ成形してください。
- 2) 基板への挿入時、端子を強く引張らないでください。(500g以下の荷重)



トランジスタ

(3) はんだ付け

1) フラックス

フラックスは酸性、アルカリ性の強いものは使用しないでロジン系のものを使用してください。

2) はんだ付け

半導体素子は熱に弱いため、できるだけ短時間に行ってください。また、はんだ槽、はんだごてはアースをとり、リークをなくしてください。

3) 洗浄

溶剤によっては、パッケージ本体を溶かし気密性を低下させたり標印を消してしまうことがあります。超音波洗浄を使用される場合は、その出力を十分考慮しストレスのかからないようにしてください。

使用可能溶剤—メチルアルコール、(推奨超音波洗浄条件)。

超音波出力：15W / l、25~28kHz。

時間：60 秒以下。

その他、振動源に基板・素子を接触させないようにしてください。

●部品の配置

半導体素子はできるだけ熱を避け、更に、サージ破壊などの危険を除く必要があります。そのためには、

- (1) 素子付近に発熱源を置かないようにしてください。
- (2) 高圧回路付近では塵埃が集中しますので、その影響を受けない配慮が必要です。
- (3) 高圧・高周波の配線、引き直しには注意してください。素子のサージ破壊の原因になる場合があります。

●デジタルトランジスタの取扱い

サージ電圧や静電気、ノイズ等の問題は、半導体素子全般に共通する問題であります。特に当社デジタルトランジスタは、Fig.1 のベレット断面図からも明らかなように、入力部分（ベース）が一種のMOS構造となっており静電気に対する注意が必要です。以下に静電気に対する注意点を記述いたしますので、これらを十分理解していただき、お取扱いください。

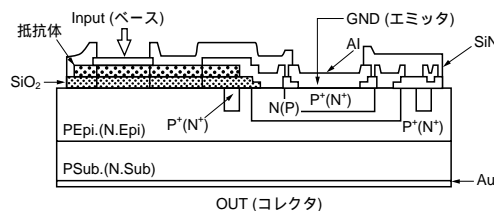


Fig.1 デジタルトランジスタベレットの断面

(1) 保管上の注意点

デジタルトランジスタ保管につきましては導電性容器を使用してください。

(2) 運搬上の注意点

- 1) 運搬用の容器は、輸送時の振動等により帯電しないもの、静電気の発生しないものを使用してください。これには導電性容器、アルミ箔等を用いることが効果的です。
- 2) 人体、衣服に帯電した静電気による破壊を防止するためには、取扱い中は人体を高抵抗を介して接地し、静電気を放電する必要があります。例えば、取扱い時にはリストバンド等をして人体に帯電した静電気を放電させてください。
- 3) デジタルトランジスタを実装したプリント基板等の移動の場合には、静電気を帯びないような方法を取り、端子を短絡し同電位にしてください。

(3) 測定・取扱い上の注意点

デジタルトランジスタ測定時、組込み時には全端子は開放され、人体、測定器、作業台、はんだごてなどには各端子が独立に接触する可能性が高くなります。このため静電気、または、電気設備からの漏電のある場合には素子破壊の可能性があるので、測定器の端子に交流電源等からの漏電がないよう十分な管理が必要です。

トランジスタ

●パワートランジスタの使用法

(1) 温度定格

トランジスタが正常な動作を行うための許容範囲と保存する場合の許容範囲が規定されています。

(2) 電力定格

放熱板なしでご使用の場合と放熱板に付けてご使用の場合のために、それぞれ周囲温度 (Ta) 一定の場合、ケース温度 (Tc) 一定の場合の最大コレクタ損失 (Pc) を規定しております。これによってジャンクションから周囲フリーエアまで及びジャンクションからケースまでの熱抵抗  $R_{th(j-a)}$ 、 $R_{th(j-c)}$  が次式を用いて算出されます。

$$R_{th(j-a)} = \frac{T_j - T_a}{P_{C1}}$$

$$R_{th(j-c)} = \frac{T_j - T_c}{P_{C2}}$$

Ta: 周囲温度

Tc: ケース温度

P<sub>C1</sub>: 周囲温度、25°C でのコレクタ損失

P<sub>C2</sub>: ケース温度、25°C でのコレクタ損失

(3) 安全動作領域

パワートランジスタの使用におきましては V<sub>CE</sub>、I<sub>c</sub>、P<sub>C</sub> の許容範囲の外に電圧、電流、パルス幅による規制があります。これは電圧、電流、パルス幅の条件によっては二次降伏という現象が発生し、耐圧の低下から素子の破壊に至ってしまう場合があるためです。

1) 試験方法

当社では、過渡熱抵抗法により全数検査を実施し、安全動作領域 (SOA) を保証しております。これは規定のパルスによるバイアスを印加し、二次降伏の発生原因となる電流集中による温度上昇兆候を V<sub>BE(ON)</sub> 順方向電圧によって検出するものです。

測定回路及び印加パルスは Fig.3、Fig.4 のとおりです。温度検出に使用するベース・エミッタ間電圧 V<sub>BE(ON)</sub> (Fig.5) は負の温度係数を持っており、次式によってパルス追加前後の温度上昇が測定できます。

$$\Delta T_j = \frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{\alpha} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

V<sub>BE1</sub>: パルス印加前の V<sub>BE</sub>

V<sub>BE2</sub>: パルス印加直後の V<sub>BE</sub>

α: 温度係数 (≒2mV/°C)

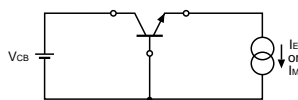


Fig.3

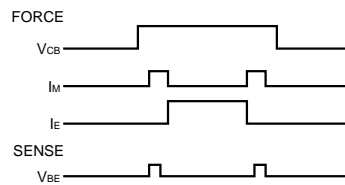


Fig.4

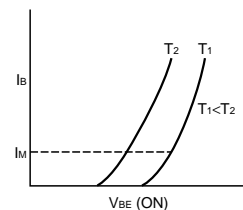


Fig.5

トランジスタ

2) 安全動作領域の規定

安全動作領域は Fig.6 の領域 I~IV において次の要因により規定されております。

1. 領域 I  
コレクタ電流の上限値によって制限されます。コレクタ電流の制限は  $h_{FE}$  の実使用可能範囲として定めております。
2. 領域 II  
熱抵抗によって制限され、  
 $P_{CMax.} = I_C \times V_{CE} = \text{一定のラインです。}$
3. 領域 III  
二次降伏によって制限されます。
4. 領域 IV  
コレクタ・エミッタ間耐圧によって制限されます。

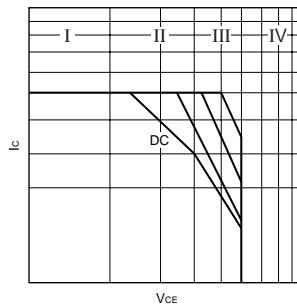


Fig.6

(4) 放熱板への取付け

パワートランジスタでは、放熱板を使用することにより素子の発熱を放熱し、接合部温度を下げます。しかし、取付け方法が不適切ですと、放熱効果が得られないばかりでなく、トランジスタを破損する場合があります。次に取付けの際の一般的な注意事項について述べます。

- 1) 放熱板に反りのある場合や取付け穴にバリの出ている場合、十分な放熱効果が得られないばかりでなく、トランジスタを破壊してしまうこともありますので、次のことを守ってください。
  1. 放熱板の平面度は 0.05mm 以下にしてください。
  2. 取付け穴は必ず面取りを行ってください。
  3. 適切な大きさの穴で取付けてください。
  4. トランジスタと放熱板の間に異物等がはさまれないようにしてください。
- 2) 締付けトルクが、小さすぎる場合には十分な放熱効果が得られません。しかし、大きすぎる場合には素子の破壊や断線の危険がありますので、Table1 に示します締付けトルクの範囲内で取付けてください。

Table1 推奨締付けトルク

パッケージ	締付けトルク (N・cm)
TO-126FP	39.2 ~ 49
TO-220FP	49 ~ 68.6
TO-220FN	49 ~ 68.6
TO-220FM	49 ~ 68.6

- 3) 取付けにはタッピングネジをご使用ください。  
皿ネジの使用は、素子に異常な応力を加えることとなりますので使用しないでください。
- 4) トランジスタと放熱板の間の熱抵抗を下げるために塗布するシリコングリスは、薄く、均一な厚さで塗布してください。また、シリコングリスによって素子の破壊や特性の劣化をさせることがありますので、シリコングリスの選定には十分にご注意をお願いします。推奨グリスは G746 (信越化学)、SC101 (東レ) 及びその相当品です。
- 5) 端子をはんだ付けした後に、トランジスタを放熱板に取付けますと、端子やパッケージに過渡の応力が加わりパッケージの破損や素子の破壊の危険がありますので、トランジスタを放熱板に取付けた後、端子のはんだ付けを行ってください。

トランジスタ

(5) 電力軽減 (ディレーティング)

許容損失 (Pc) は周囲温度 (Ta) に合わせて、軽減 (ディレーティング) する必要があります。Fig.7 グラフから、トランジスタにかかる電力を周囲温度に合わせて軽減してください。

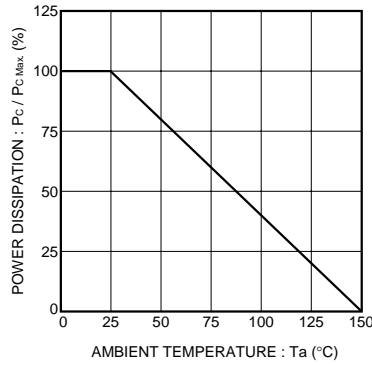


Fig.7 電力軽減曲線

(6) ランドパターンの例

パワートランジスタでは、コレクタランド面積の大きさによって許容損失 (Pc) が異なります。Fig.8 のグラフから、実際のトランジスタにかかる電力は基板のコレクタランド (銅箔) 面積によって制限を受けるため、十分なランドで設計してください。以下に MPT3、CPT3、PSD3 パッケージの代表例を示します。

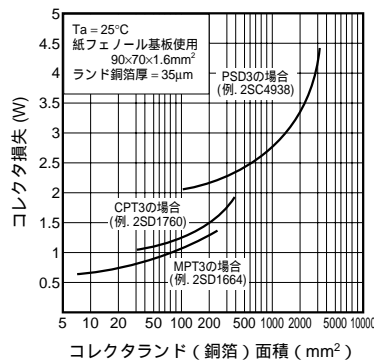


Fig.8 コレクタ損失-コレクタランド面積

## ご 注 意

本資料の一部または全部を弊社の許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。  
本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。  
本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用にあたりましては、別途仕様書を必ずご請求の上、ご確認下さい。

記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。従いまして、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。

ここに記載されております製品に関する応用回路例、情報、諸データは、あくまで一例を示すものであり、これらに関します第三者の工業所有権等の知的財産権、及びその他の権利に対して、権利侵害がないことの保証を示すものではございません。従いまして(1)上記第三者の知的財産権の侵害の責任、又は、(2)これらの製品の使用により発生する責任につきましては弊社は、その責を負いかねますのでご了承ください。

本資料に記載されている製品の販売に関し、その製品自体の使用、販売、その他の処分以外には弊社の所有または管理している工業所有権などの知的財産権またはその他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を買主に許諾するものではありません。

本品は、特定の機器・装置用として特別に設計された専用品とみなされるため、その機器・装置が外為法に定める規制貨物に該当するか否かを判断していただく必要があります。

本製品は「耐放射線設計」はなされておられません。

本資料に掲載されている製品は、一般的な電子機器（AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器など）への使用を意図しています。極めて高度な信頼性が要求され、その製品の故障や誤動作が直接人命に関わるような機器・装置（医療機器、輸送機器、航空宇宙機、原子力制御、燃料制御、各種安全装置など）へのご使用を検討される際は、事前に弊社営業窓口までご相談願います。

### 輸出貿易管理令について

本資料に掲載した製品は、輸出貿易管理令別表1の16項に定める関税定率法別表第85類の貨物の対象となりますので、輸出する場合には、大量破壊兵器などの不拡散のためのキャッチオール規制に基づく客観要件又はインフォーム要件に該当するか否かを判定願います。