

お客様各位

---

## カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

---

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日  
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

## ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。  
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット  
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）  
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

## 「静電破壊強度」に優れている

## トランジスタとは

## 1. 「静電破壊強度」に優れているトランジスタの必要性

回路設計をする際、トランジスタのSOAまたは熱的問題、および各種特性のバラツキ等は十分考慮されていますが、静電破壊に対する配慮が意外となされていない場合が多いようです。また、回路設計ばかりでなく、セットの生産工程中でも、トランジスタの保管状態によっては静電破壊による故障が発生することも確認されています。

現在、トランジスタの全故障の内、用途や時期（湿度の影響のため）によって異なりますが、静電破壊が原因と推定される故障はかなりの率に達しており、トランジスタの信頼度および市場不良率を問題とする際、静電破壊による故障を無視することは決してできません。

それでは、どのようなトランジスタが静電破壊に優れているのか？トランジスタの製法上のパラメータによる関係は、複雑になるので簡単な説明に留め、カタログ等に記載されている電気的パラメータにより、簡易的に判定する事を主眼に記述します。なお、ここではトランジスタの静電破壊で最も故障率の高いE-B間逆バイアス時の破壊に焦点を絞ることにします。

## 2. 静電破壊とは

ある電荷 $Q$ を持ったコンデンサ<sup>注1)</sup>が、トランジスタに静電放電を行い、その間に流れる過渡電流により、ジャンクション温度が上昇し、温度上昇がシリコンの溶融点まで達した時にPN接合の一部が劣化または、破壊する現象をいいます。また、この過渡電流の最大値および減衰時間は、試験回路のC、Rの時定数およびバルク抵抗、浮遊容量等で異なりますが、破壊エネルギーは $\frac{1}{2}CV^2$ で定義されています。

したがって、 $\frac{1}{2}CV^2$ の値が大きい程「静電破壊強度」に優れているトランジスタであるということが出来ます。

静電破壊を受けたトランジスタは、軽度であれば、 $h_{FE}$  低下、 $V_{EBO}$  劣化による $I_{EBO}$ の増加状態に留まりますが、極度に破壊されたものは、E-Bショートに留まらず、C-E劣化や $I_{CEO}$ 、 $I_{CBO}$ の増加に継がることもあります。

破壊モードを調べますと、PN接合面に対し、ほぼ垂直になるという方向性があり、また、各品種ごとにPN接合のほぼ同一部分が破壊されている事が多く、パターン上で、電流集中が起き易い部分がある事も確認されています。破壊エネルギー近傍で破壊されたモード（軽度の破壊）のトランジスタは、ペレット（ダイス）外観上は見逃されることが多いのですが、アルミ電極、酸化膜を除去することにより、破壊箇所を見出すことができます。（写真1～写真3参照）

注1) 広義に解釈すれば単にコンデンサに留まらず、二つの異なった材質の接触摩擦による静電気も含まれます。

実際問題としまして、セットの生産工程中の作業台、ベルトコンベア、トランジスタ保管用トレイによる静電破壊も報告されています。

注2

## 3. 「静電破壊強度」試験方法および試験結果

試験方法には大別して

- 1) コンデンサに充電された電荷を、供試トランジスタに放電する方法
- 2) パルス発生器による単発パルスを、供試トランジスタに印加する方法

の2種類がありますが、ここでは、実際に問題とされている破壊モードの点、相関の点を考え、1)の方法を使用し、そのデータを利用することにします。

### 3.1. 直接印加による試験<sup>注2)</sup>

- 1) 図1.のように、任意の電圧： $V_D$ によりコンデンサ： $C$ に充電します。
- 2)  $SW$ をトランジスタ側にし、蓄積された電荷を供試トランジスタに印加し、 $BV_{EBO}$ の波形チェックを行います。
- 3) 波形の劣化が認められなければさらに高い電圧を充電し、波形劣化が認められるまで試験を繰り返します。
- 4) 次にコンデンサ： $C$ を任意の容量に換え、同様に試験をします。

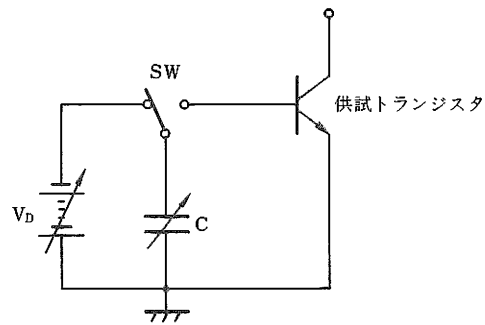


図1.

### 3.2. ベース直列抵抗付加による試験

実際の高周波回路には、図2.のように、ベースに直列に数十 $\Omega$ の抵抗が付加されていることがあるため、この状態での静電破壊強度を測定する方法です。試験方法は3.1.と同様で、 $R_B$ を換え試験をします。

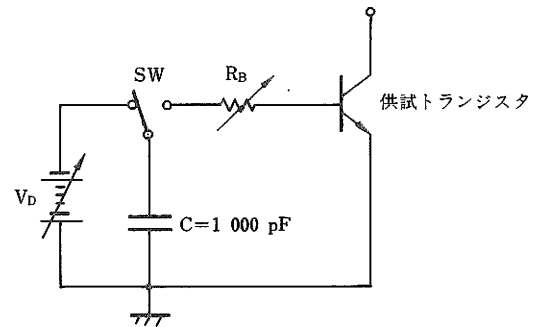


図2.

### 3.3. エミッタ負荷による試験

図3.のように、エミッタ抵抗、バイパスコンデンサ： $C_E$ を付加した回路での静電破壊強度を測定する方法です。

試験方法は、3.1.と同様で $C_E$ を換え試験を行います。

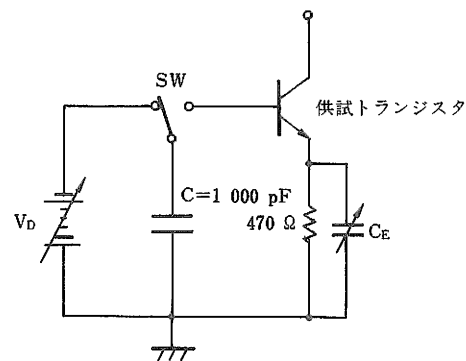


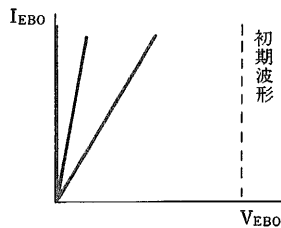
図3.

注2) ここに記載した試験方法は、弊社が独自に使用している静電破壊強度試験の評価方法であり、規格化されているものではありません。また、3種類の方法は、それぞれ、トランジスタ単体の破壊強度、ベースに直列に抵抗を付加した場合の破壊強度との関係、およびエミッタのバイパスコンデンサの容量差による影響を調べるための一例です。

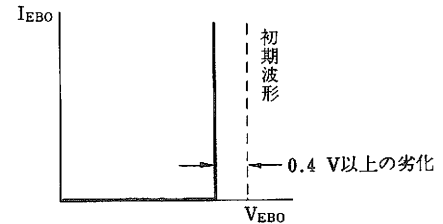
### 3.4. 「静電破壊強度」判定基準<sup>注3)</sup>

BV<sub>EBO</sub>初期波形に対し、図4.に表わすような波形となった場合に、“静電破壊された”と判定します。また、その時にコンデンサ：Cに印加された電圧：V<sub>D</sub>を「静電破壊強度」と呼びます。

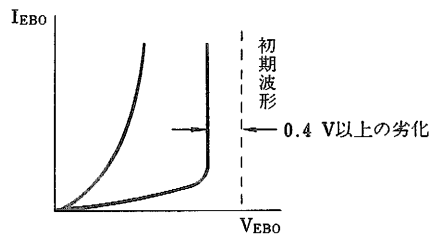
a) 完全ショート，オーミックショート



b) ハード劣化



c) ソフト劣化



d) ソフト劣化

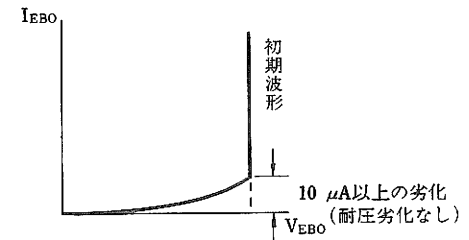


図4. 「静電破壊強度」判定基準波形

注3) この判定基準も注2)と同様弊社が独自に使用している方法です。

### 3.5. 「静電破壊強度」試験結果

3.1.~3.3.の方法により行った試験データは、それぞれ図5.~図7.の結果となりました。

また、3.1.の方法で各種トランジスタの破壊強度を測定したデータを図8.に示します。

図5.は、破壊エネルギー： $\frac{1}{2}CV^2 = \text{一定}$ という事を意味しています。したがって、ある値の容量で静電破壊強度を測定することで、任意の容量での静電破壊強度を容易に求めることができます。

図6.は、トランジスタ単体で静電破壊強度の強いもの程、保護抵抗の効果が著しく現われる事を示しています。またこれらの抵抗をエミッタ側に付加しても図6.と同様の結果が得られます。

図7.は、バイパスコンデンサといえども、静電破壊強度の観点からは、むやみに大容量のものを使用してはならないという事が分かります。変化率は同じでも、静電破壊強度の絶対値が異なるため、静電破壊強度の弱いトランジスタほど注意する必要がある訳です。

また、写真1~写真3に破壊された2SC945の表面状態を示します。

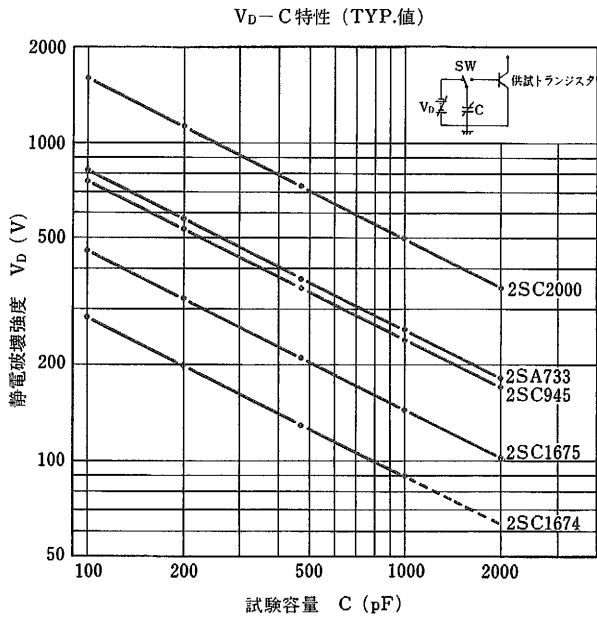


図5. 直接印加による静電破壊強度

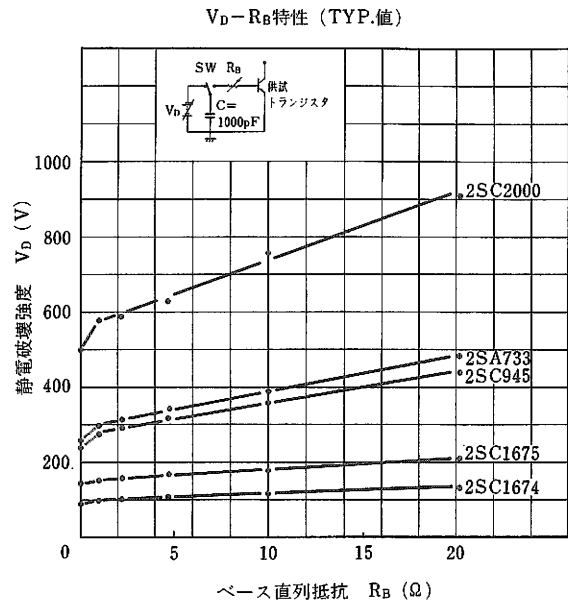


図6. ベース直列抵抗付加による静電破壊強度

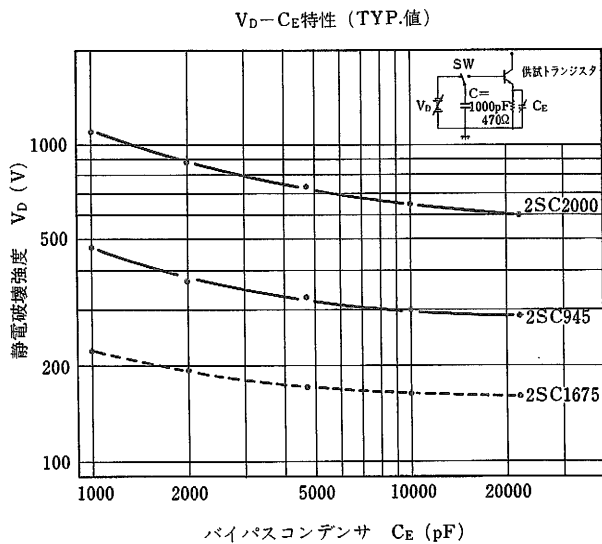


図7. エミッタ負荷による静電破壊強度

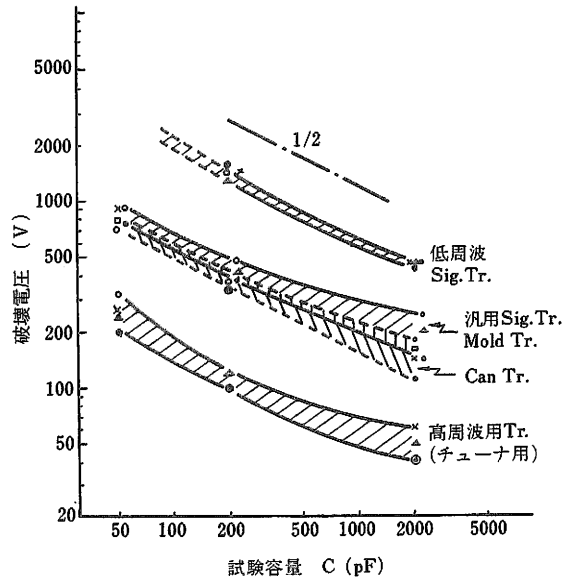

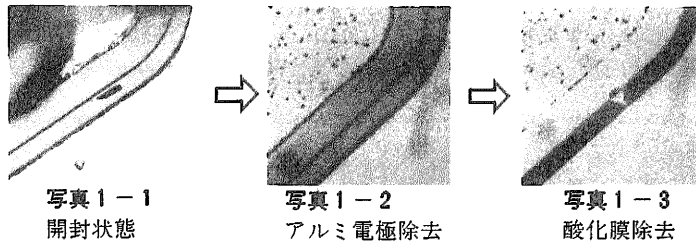


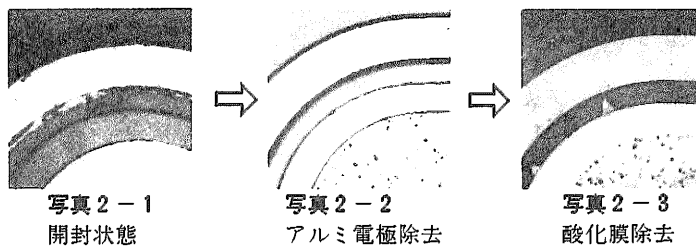
図8. 各種トランジスタの静電破壊強度

2SC945破壊モード (  部分が破壊箇所 )

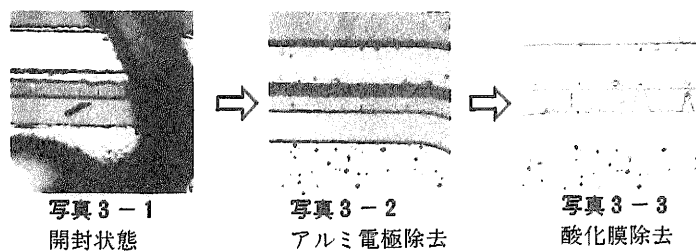
$V_D=220\text{ V}, C=1\ 000\text{ pF}$



$V_D=260\text{ V}, C=1\ 000\text{ pF}$



$V_D=370\text{ V}, C=470\text{ pF}$



#### 4. 「静電破壊強度」に優れているトランジスタとは

静電破壊強度は、3.5.の試験結果より分かりますようにシグナルモールドトランジスタの品種中、実験に使用した5品種では

$$2SC2000 > 2SA733 > 2SC945 > 2SC1675 > 2SC1674$$

の順序になっています。

それでは、静電破壊強度に優れているトランジスタを選ぶには、どのパラメータに注目したらよいか。表1に示す各トランジスタの主要パラメータを比較検討しますと、

品 名	静電破壊強度 $V_D(V)$ @ $C=1\ 000\ pF$ TYP.	$P_T(mW)$	$I_C(mA)$	$V_{EBO}(V)$ @ $I_C=100\ \mu A$ 実力値	$h_{FE}$ 比 @ $V_{CE}=6.0\ V$ $I_C=0.1\ mA$ / $1.0\ mA$ TYP.	$f_T(MHz)$ @ $V_{CE}=6.0\ V$ $I_C=1.0\ mA$ TYP.	用 途
2SC2000	500	600	200	7.5	0.93	70	汎用 (静電破壊強度対策品)
2SA733	260	250	-100	-9.5	0.93	70	汎 用
2SC945	240	250	100	8.4	0.93	100	汎 用
2SC1675	145	250	30	6.8	0.83	250	FM/IF, AM/Conv.
2SC1674	90	250	20	5.9	0.83	600	FM/RF

表1 各トランジスタの主要パラメータ

#### 静電破壊強度に優れているトランジスタとは

##### 1) $f_T$ が必要以上に高くない事……

これは、静電破壊強度、 $f_T$ 共ベース、エミッタを拡散する時の不純物濃度およびベース、エミッタの深さに比例しているためです。

また、 $V_{EBO}$ の値も一応の目安にはなりますが、この場合は、他のパラメータの影響を受けるので、 $f_T$ の値で判断の方が容易で、しかも正確といえます。

##### 2) $I_C\ MAX.$ の表示が大きい事……

これは、静電破壊強度および $I_C\ MAX.$ がエミッタ面積あるいはエミッタ周囲長と比例関係にあるためです。しかし、これは、ペレットの大きさにも比例するため、同一用途の品種比較の場合に限ります。

##### 3) $h_{FE}$ リニアリティが良好である事……

静電破壊を起す場合、破壊箇所はエミッタ・ベース領域中の結晶欠陥(格子欠陥)のある場所に集中します。また、 $h_{FE}$ のリニアリティも結晶欠陥があると悪くなるので判断の目安になります。



## 5. 静電破壊防止対策

以上まとめましたように、静電破壊強度は、品種や条件により大幅に変わります。また、静電放電は日常、あらゆる場所で発生しているので、このような事を回路設計上、生産工程上常に注意する必要があります。

したがって、どの程度の静電破壊耐量を持たせる必要があるかを念頭に置く事が大切です。

以下に、その基本的な静電破壊防止対策例を記述します。

### 1) 回路設計上

- a. ネオンランプ、保護ダイオード等をアンテナ回路に挿入する。
- b. S/N, NFに影響しない程度の抵抗(数 $\Omega$ )をトランジスタのベースに直列に挿入する。
- c. バイパスコンデンサの値は、必要以上に大きくしない。
- d. 使用バイアス点以外での特性や静電破壊強度と相関のあるパラメータについて考慮する。

### 2) 生産工程上

- a. トランジスタの保管は、帯電性の強い材質(セルロイド、ナイロン、プラスチック)のものは極力避ける。
- b. ベルトコンベア、半田槽、自動実装器等の設備のアースを取る。
- c. 作業者の帯電防止
- d. 湿度管理を徹底し、低湿度状態を避ける。

## 参考文献

- 1) 藤江他：「静電気障害対策資料集」第3章、第1節、第一インターナショナル刊
- 2) D.C. Wunsch and R.R.Bell, "Determination of Threshold Failure Levels of Semiconductor Diodes and Transistors Due to Pulse Voltage," IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-15, 1968.

# NEC 日本電気株式会社

本 社	東京都港区芝五丁目33番1号(日本電気本社ビル) 〒108 東 京(03)454-1111
半 導 体 第 一、第 二 販 売 専 業 部	東京都港区芝五丁目29番11号(日本電気住生ビル) 〒108 東 京(03)456-6111
開 西 支 社 半 導 体 販 売 部	大阪府北区堂島浜一丁目2番6号(新大阪ビル) 〒530 大 阪(06)348-1461 大 阪(06)348-1466
中 部 支 社 電 子 デ バ イ ス 販 売 部	名古屋市中区栄四丁目15番32号(日建住生ビル) 〒460 名 古 屋(052)262-3611

北 海 道 支 社	札幌(011)231-0161	冲 縄 支 社	那覇(0988)66-5611
東 北 支 社	仙台(022)261-5511	千 葉 支 社	千葉(0425)26-0911
北 京 支 社	北京(0249)23-5511	茨 城 支 社	水戸(0472)27-5441
東 山 支 社	新潟(0246)21-5511	静 岡 支 社	静岡(0542)55-2211
北 海 支 社	新潟(025)247-6101	神 奈 川 支 社	横浜(0534)52-2711
東 山 支 社	新潟(0292)26-1717	山 梨 支 社	金 沢(0762)23-1621
北 海 支 社	新潟(0298)23-6161	石 川 支 社	富 山(0764)31-8461
東 山 支 社	新潟(045)324-5511	福 井 支 社	敦 贺(075)221-8511
北 海 支 社	新潟(0273)26-1255	山 梨 支 社	神 戸(078)332-3311
東 山 支 社	新潟(0276)46-4011	神 奈 川 支 社	京 都(082)247-4111
北 京 支 社	新潟(0286)21-2281	大 阪 支 社	京 都(0862)25-4455
東 山 支 社	新潟(0262)35-1444	神 奈 川 支 社	高 松(0878)22-4141
北 海 支 社	新潟(0263)35-1666	山 梨 支 社	高 松(0899)45-4111
東 山 支 社	新潟(0266)53-5350	福 井 支 社	福 岡(092)271-7700
北 海 支 社	新潟(0552)24-4141	北 九 州 支 社	北 九 州(093)541-2887

(技術お問い合わせ先)

半 導 体 応 用 技 術 本 部	川崎市幸区塚越三丁目484番地(川崎技術センター)	〒210 川 崎(044)533-1111
半 導 体 市 場 開 発 本 部 第 一 応 用 技 術 部	東京都港区芝五丁目29番11号(日本電気住生ビル)	〒108 東 京(03)456-6111
半 導 体 市 場 開 発 本 部 第 二 応 用 技 術 部	大阪府北区堂島浜一丁目2番6号(新大阪ビル)	〒530 大 阪(06)348-1477