

ESD 保護用ダイオード (TVS ダイオード) の基礎

概要

本資料は静電気放電(ESD) / ESD試験(MM / HBM / CDM/IEC61000-4-2) / ESD保護用ダイオードの動作(ESD パルス侵入時/通常時) / 選択方法 / 基板設計(レイアウト)する上での注意 / データシートに記載の最大定格 / 電気的特性などを説明しています。

目次

概要 1

本資料は静電気放電(ESD) / ESD 試験(MM / HBM / CDM/IEC61000-4-2) / ESD 保護用ダイオードの動作(ESD パルス侵入時/通常時) / 選択方法 / 基板設計(レイアウト)する上での注意 / データシートに記載の最大定格 / 電気的特性などを説明しています。 1

目次 2

1. はじめに 5

2. ESD とは 5

 2.1. 静電気はなぜ生じるのか? 5

 2.2. なぜ保護素子が必要なのか? 6

 2.3. ESD およびサージ試験 (静電破壊試験 およびサージイミュニティ試験) 7

 2.3.1. デバイスレベル試験 7

 2.3.2. システムレベル試験 8

3. ESD 保護素子 (ESD 保護用 ダイオード) 9

 3.1. ダイオードの分類 9

 3.2. pn 接合ダイオード 10

 3.3. ESD 保護用ダイオード 11

 3.3.1. 通常動作時 (ESD パルス非侵入時) 12

 3.3.2. ESD 侵入時 16

4. ESD 保護用ダイオードの選択方法 19

5. レイアウト上の注意点 20

6. データシート 記載項目 22

 6.1. 絶対最大定格の定義 22

 6.1.1. 静電気耐量 (IEC61000-4-2) (接触放電) V_{ESD} 22

 6.1.2. 静電気耐量 (IEC61000-4-2) (気中放電) V_{ESD} 22

 6.1.3. ピークパルス電力 ($t_p = 8/20 \mu s$) P_{PK} 22

 6.1.4. ピークパルス電流 ($t_p = 8/20 \mu s$) I_{PP} 22

 6.1.5. 接合温度 T_j 22

 6.1.6. 保存温度 T_{stg} 22

 6.2. 電気的特性 23

 6.2.1. ピーク逆動作電圧 V_{RWM} 23

 6.2.2. 端子間容量 C_T 23

| | |
|---------------------------------|----|
| 6.2.3. ダイナミック抵抗 R_{DYN} | 23 |
| 6.2.4. 逆方向降伏電圧 V_{BR} | 23 |
| 6.2.5. 逆電流 I_R | 23 |
| 6.2.6. クランプ電圧 V_C | 23 |
| 7. 関連リンク | 24 |
| 8. 製品取り扱い上のお願い | 25 |

図目次

| | |
|---|----|
| 図 2-1 帯電列 : triboelectric series | 5 |
| 図 2-2 静電気はどのように生じるか? | 5 |
| 図 2-3 ① Human Body Model : HBM | 7 |
| 図 2-4 ② Machine Model : MM | 7 |
| 図 2-5 ③ Charge Device Model : CDM | 7 |
| 図 2-6 IEC61000-4-2 試験 | 8 |
| 図 2-7 IEC61000-4-5 試験 | 8 |
| 図 3-1 ダイオード 製品分類例 | 9 |
| 図 3-2 P型半導体 | 10 |
| 図 3-3 N型半導体 | 10 |
| 図 3-4 順バイアス | 10 |
| 図 3-5 ESD 保護用ダイオード オン/オフ 定義 | 10 |
| 図 3-6 通常時の動作イメージ | 11 |
| 図 3-7 ESD パルス侵入時の動作イメージ | 11 |
| 図 3-8 ESD 保護用ダイオード 動作範囲 | 11 |
| 図 3-9 接続方法 | 12 |
| 図 3-10 適切な V_{BR} の製品を選ばないと | 12 |
| 図 3-11 実際の製品での $V_{BR} \cdot V_{RWM}$ | 13 |
| 図 3-12 ESD 保護用ダイオード オフ時の簡易等価回路 | 13 |
| 図 3-13 端子間容量と挿入損失 | 14 |
| 図 3-14 周波数に対する ESD 保護用ダイオード 選択の目安 | 14 |
| 図 3-15 片方向と双方向 信号形状による違い | 15 |
| 図 3-16 片方向/双方向 ESD 侵入時 | 16 |
| 図 3-17 どちらに多く電流が流れるか? | 17 |
| 図 3-18 ダイナミック抵抗のイメージ | 17 |
| 図 3-19 クランプ電圧(V_C)、1 st Peak Voltage の製品による吸収の違い | 18 |

| | |
|--|----|
| 図 5-1 配置の違いによる 1 st Peak Voltage への影響 | 20 |
| 図 5-2 外部接続ラインとの並走 | 21 |
| 図 6-1 IEC61000-4-5 準拠 8/20 μ s 波形 | 22 |
| 図 6-2 電気的特性の定義..... | 23 |

1. はじめに

電子機器は高性能化、高速化、小型化が進んでいます。この要求に対応するため、電子機器に使用される半導体は性能向上や小型化のために微細化や不純物濃度の高濃度化を進めています。このことは静電気放電 (ESD : Electro Static Discharge) に対する耐性が弱くなる方向であり、何の対策もしていない場合、ESD によって電子機器が劣化したり破損したりする可能性が高まっています。また、IoT をはじめとするデータの送受信、移動体機器への充電などを目的に USB や LAN などのケーブルを抜き差しすることが増え、ESD が機器に印加される機会が増加しています。

従来にも増して外部と接続する端子 (USB、HDMI など)、また製造時に人体や製造装置に接触や近接する可能性のある部品には ESD 保護用ダイオードなどの素子で保護対策をすることが不可欠となっています。

2. ESD とは

静電気は誘電体などに電荷が蓄積されている状態を指します。正の電荷が蓄積した物体と負の電荷が蓄積した物体が接触や近接すると静電気の放電が行われます。この現象を静電気放電 (ESD : Electro Static Discharge) と呼びます。人体と電子機器が接触して発生する ESD の電圧は数千 V に達することもあります。

2.1. 静電気はなぜ生じるのか？

静電気は異なる物体が、摩擦・接触・剥離 (食品用ラップフィルムをはがすときなど) することによって電子が移動し生じます。物体にはその材料などによりプラス側に帯電しやすい材質 (電子を放出しやすい物質) とマイナスに帯電しやすい材質 (電子を受け取りやすい物質) があります。この帯電しやすい傾向を帯電列と呼びます。帯電列が離れた物質同士ほど接触した場合大きな電荷が移動します。全ての物質は原子から構成されており、通常原子はプラスの電荷を持つ陽子とそれと同数のマイナスの電荷を持つ電子から構成されており、電気的に中性です。摩擦などにより電子が移動するとバランスが崩れ、プラスまたはマイナスの電荷を持つこととなります。



図 2-1 帯電列 : triboelectric series

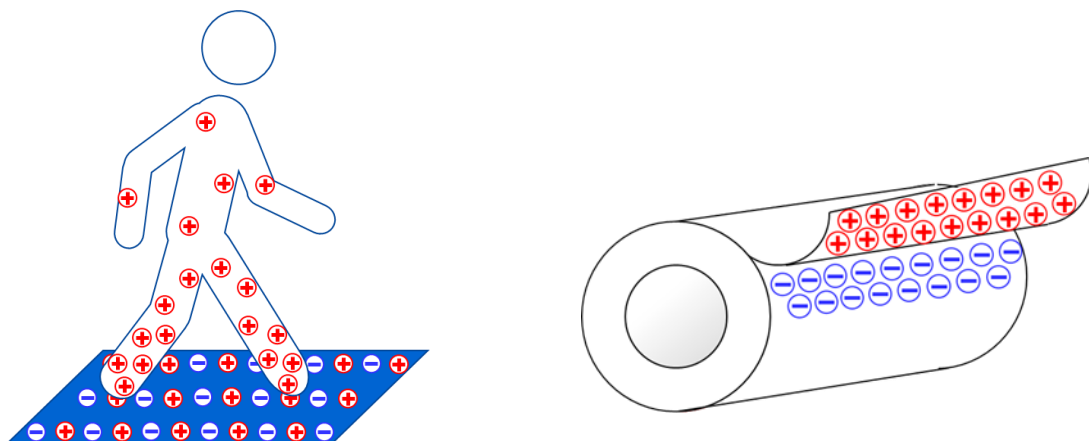


図 2-2 静電気はどのように生じるか？

2.2. なぜ保護素子が必要なのか？

電子機器に使用される半導体は微細化を進めた新規プロセスの開発を進めることで性能改善と小型化を進めてきました。微細化に関してはスケールリング則と呼ばれるものがあり、トランジスターの寸法を $1/k$ にすると、トランジスターの面積は $1/k^2$ 、消費電流は $1/k$ 、回路の遅延は $1/k$ となり小型化・低消費電力化、高速化ができるというものです。

しかしながら横方向の寸法を $1/k$ にすると縦方向（深さ方向）の寸法も通常は $1/k$ になります。これは半導体に使用される絶縁膜が $1/k$ の厚みになることを意味します。Si 半導体の絶縁膜はシリコン酸化膜と呼ばれる SiO_2 が使用されることが多く、絶縁耐圧は単位長さで決まっており、 $8\sim 10\text{MV/cm}$ といわれます。この値は変わりませんので、デバイスの耐圧は厚みが減ることで $1/k$ になってしまいます。

これら半導体の微細化は ESD 耐性劣化の一例です。半導体だけでなく電子機器に使用される電子部品は小型化・高性能化を進められています。電子機器自体も含め全てが ESD に対して不利な方向に進んでいることとなります。

また電子機器の使われ方も大きく変わってきました。20 年前の各家庭での電子機器は固定機器が多く、配線の再接続などはまれなことでした。これに対し、現在ではスマートフォンやノートパソコンなどの移動体機器が普及し、機器の充電やデータの受け渡しで 1 週間に何回も USB や LAN ケーブルの接続を行うようになりました。

すでに説明しましたが、二つの異なる物体が接触や近接することで ESD が機器に印加されます。つまり ESD が印加される機会が増加していることとなります。

ESD 耐量の低下、ESD 印加回数の増加と電子機器は ESD による機器性能の劣化や破損のリスクが増えており、従来よりも ESD 保護素子の必要性が増加しています。

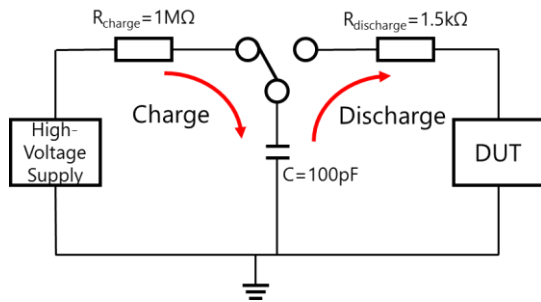
2.3. ESD およびサージ試験 (静電破壊試験 およびサージ免疫試験)

大きく分けてデバイスレベル試験とシステムレベル試験に分けられます。

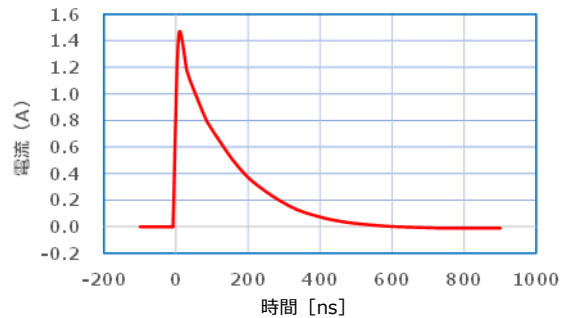
2.3.1. デバイスレベル試験

この試験は ESD が管理された工場などの製造現場で、デバイス単体が ESD パルスによって劣化や破壊しないことを確認することを目的に設定しています。主なモデルは以下の通りです。

- ① 静電気が蓄電した人体が、デバイスに放電することを想定したモデル (Human Body Model : HBM)
- ② 製造装置などに蓄電した電荷が放電することを想定したモデル (Machine Model : MM)
- ③ 電氣的に絶縁された状態であるデバイスに蓄電した電荷が実装時に接地された基板と接触することにより放電することを想定したモデル (Charged Device Model : CDM)

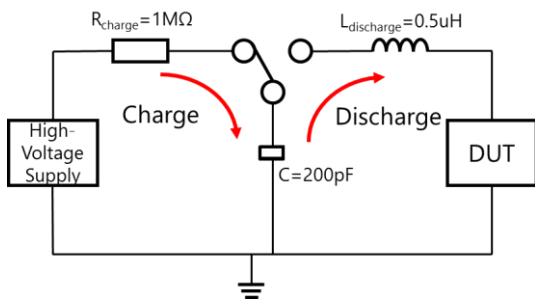


試験回路例

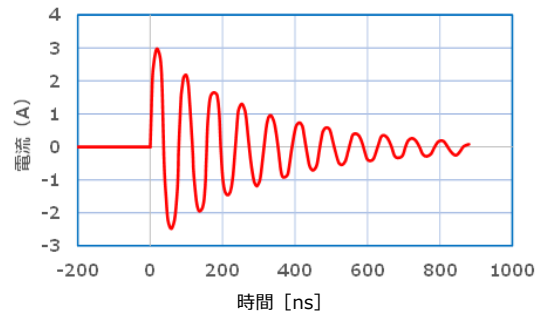


試験波形例

図 2-3 ① Human Body Model : HBM

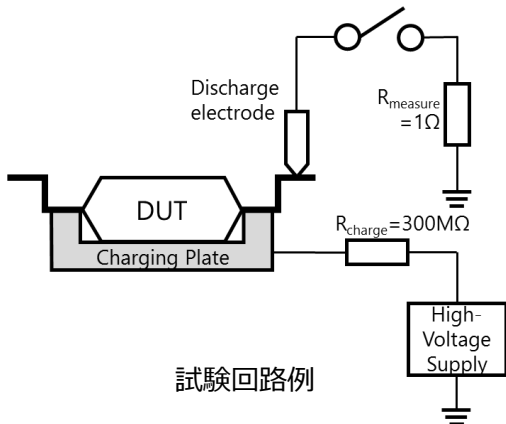


試験回路例

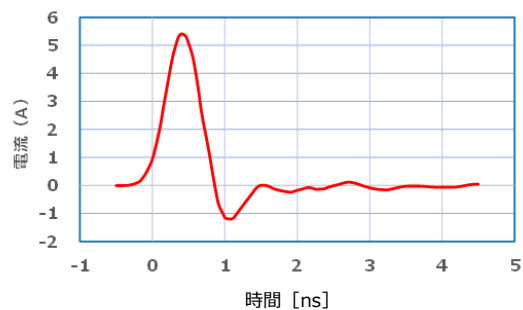


試験波形例

図 2-4 ② Machine Model : MM



試験回路例



試験波形例

図 2-5 ③ Charged Device Model : CDM

2.3.2. システムレベル試験

この試験は日常の環境下で機器が劣化や破壊しないことを確認することを目的に設定しています。

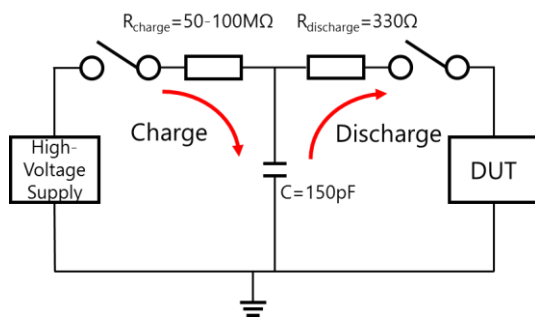
① IEC61000-4-2 試験 (ESD イミュニティ試験:人体モデル)

この試験は HBM と同様に人体に蓄電した電荷が放電すること想定しています。放電方法には以下の二つがあります。

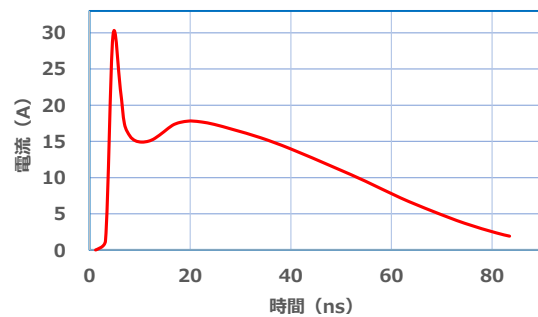
- ・機器やデバイスの表面に金属が露出しているときを想定し、直接接触により放電する直接放電
- ・機器やデバイスの表面が樹脂などに覆われているときを想定し、被試験機器と放電端子の間に空気の間を持つ気中放電

これらの方法は国際電気標準会議 (The International Electrotechnical Commission : IEC) が定めた IEC61000-4-2 に述べられています。

当社の TVS ダイオード (ESD 保護用ダイオード) は直接放電と気中放電の両方で試験しています。



試験回路例



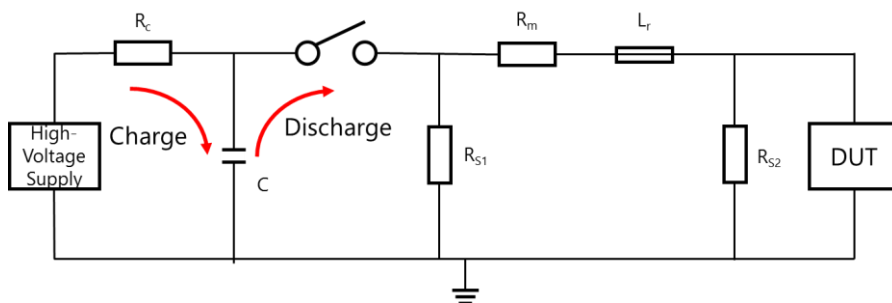
試験波形例

図 2-6 IEC61000-4-2 試験

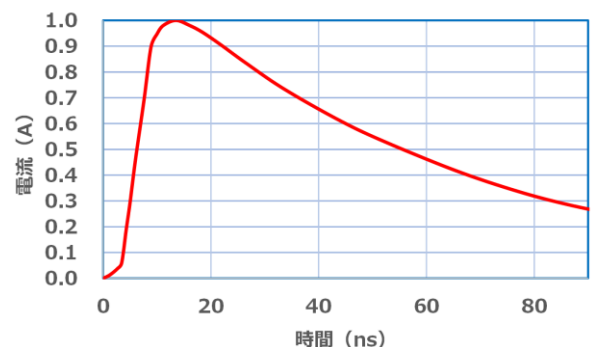
② IEC61000-4-5 試験 (サージイミュニティ試験:雷サージ試験)

この試験は雷サージ試験とも呼ばれ、落雷の影響によってその周辺で誘起されるサージ電圧/電流などをモデル化した試験です。また電源の投入時など負荷の急変や短絡を含む電力システムのスイッチング過渡現象なども含まれます。印加するサージの電流レベルや周期を考慮すると、最も厳しいシステムレベルのイミュニティ試験です。

これらの方法は IEC61000-4-5 に述べられています。



試験回路例



試験波形例

図 2-7 IEC61000-4-5 試験

3. ESD 保護素子 (ESD 保護用 ダイオード)

3.1. ダイオードの分類

ダイオードは大きく二つに分けられます。p 型半導体と n 型半導体を接合した pn 接合ダイオード、n 型半導体または p 型半導体と金属を接合した金属-半導体ダイオード (一般的にはショットキーバリアダイオード SBD と呼ばれます) です。

ESD 保護素子として使用される ESD 保護用ダイオード (TVS ダイオード) は pn 接合ダイオードの一種である定電圧ダイオードを元に ESD からデバイスを保護する特性に焦点を置いて進化させたデバイスになります。

ここでは基本となる pn 接合ダイオードについて説明し、あわせて ESD 保護用ダイオード特有の特性を述べます。

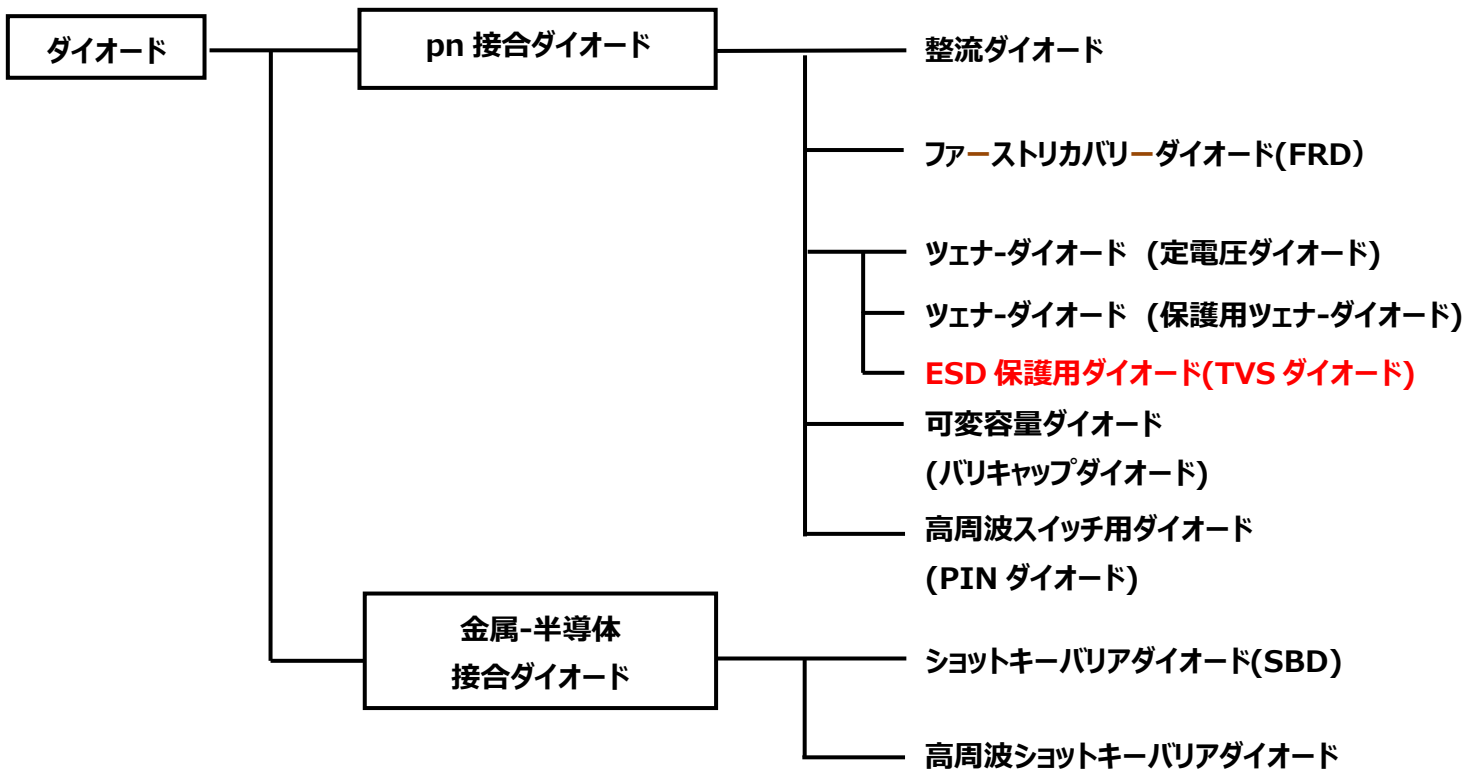


図 3-1 ダイオード 製品分類例

3.2. pn 接合ダイオード

pn 接合ダイオードは P 型半導体と N 型半導体を接合したダイオードです。

- ・P 型半導体：真性シリコン半導体にホウ素(元素記号 B)などの不純物を添加し正孔(ホール)が過剰な半導体
- ・N 型半導体：真性シリコン半導体にリン(元素記号 P)などの不純物を添加し電子(エレクトロン)が過剰な半導体

順方向に電圧を印加(p 側をプラスにバイアス)すると順方向電圧 V_F でオンします。逆方向に電圧を印加(n 側をプラスにバイアス)するとオフします。さらに大きな逆方向電圧を印加すると逆方向降伏電圧 V_{BR} と呼ばれる電圧で急激に電流が流れます。

ESD 保護用ダイオードは主に逆方向降伏とオフの状態を利用したダイオードになります。

オフの状態ではこれから説明する空乏層が ESD 保護用ダイオードの特性に影響を与えます。

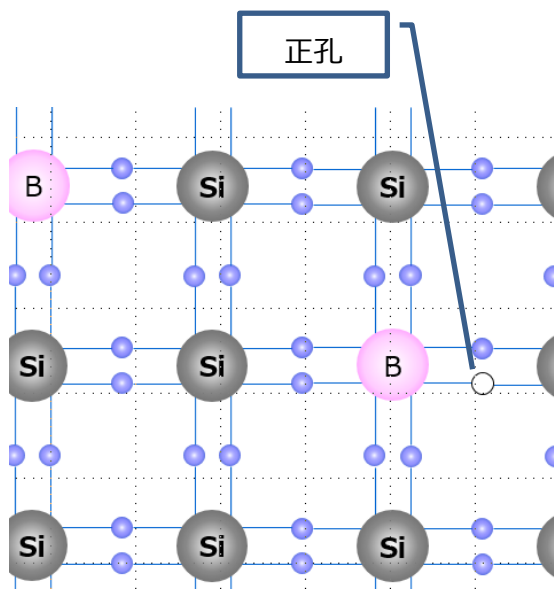


図 3-2 P 型半導体

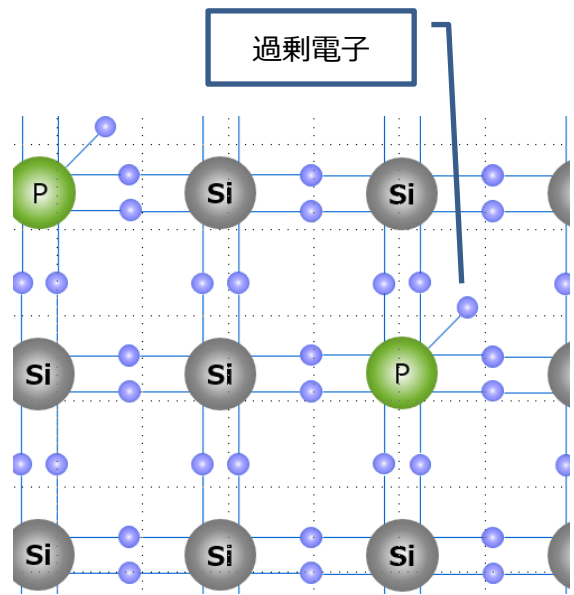


図 3-3 N 型半導体

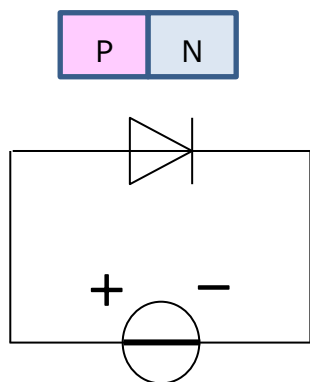


図 3-4 順バイアス

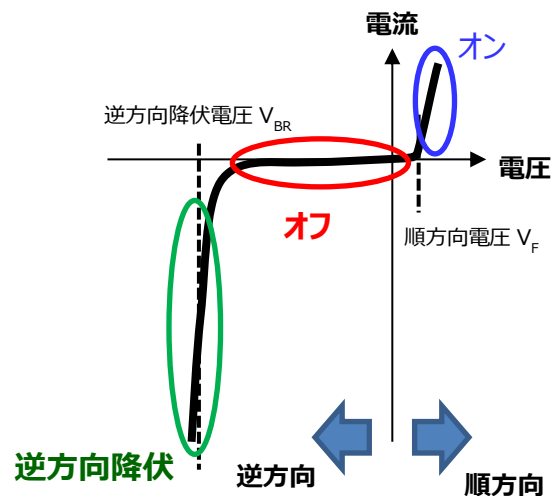


図 3-5 ESD 保護用ダイオード オン/オフ 定義

3.3. ESD 保護用ダイオード

ESD 保護用ダイオードの動作について説明します。

ESD パルスが侵入していないとき (機器にとっての通常動作時) は保護素子が接続されていない状態つまり何の影響も与えない状態が理想です。ESD 保護用ダイオードは、図のようにカソードを信号ラインに、アノードを GND に接続します。このように接続することにより、機器の通常動作時には ESD 保護用ダイオードは動作しません。

ESD パルスが侵入したときには、ESD 保護用ダイオードが導通し ESD パルスが保護対象の IC 等へ到達しないようにする必要があります。コネクタから見ると ESD 保護用ダイオードと保護対象が並列に見えます。従って、ESD 保護素子のインピーダンスが低く 侵入したエネルギーのほとんどが保護素子に流れることが重要となります。

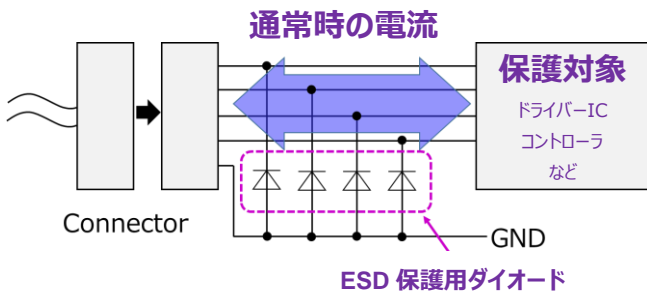


図 3-6 通常時の動作イメージ

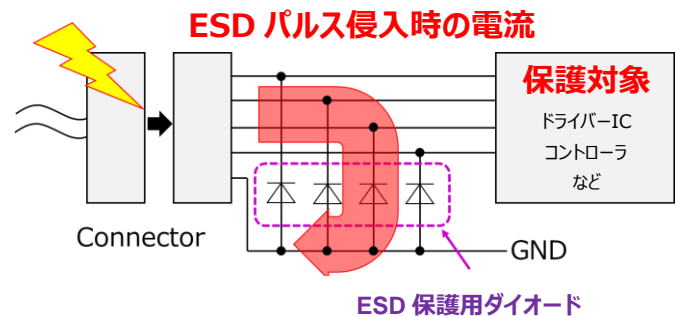


図 3-7 ESD パルス侵入時の動作イメージ

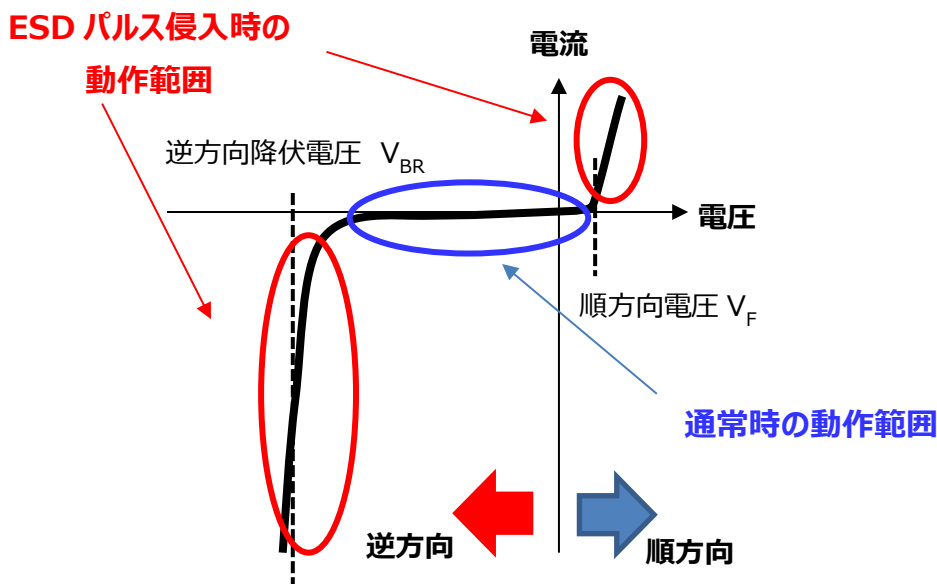


図 3-8 ESD 保護用ダイオード 動作範囲

3.3.1. 通常動作時 (ESD パルス非侵入時)

ESD 保護用ダイオードは逆方向に接続されています。そのため順方向電圧 V_F と逆方向降伏電圧 V_{BR} の間の電圧では ESD 保護用ダイオードは動作しません。あとで少し説明しますが、この電圧範囲ではダイオードの pn ジャンクション部分に空乏層が生じ、コンデンサーとして動作しています。

この電圧範囲での動作に対して ESD 保護用ダイオードを選択するときに気を付けなければならない点は、以下の 3 点です。

- ① 保護する信号ラインの信号振幅 (最大電圧) に対して、適切な逆方向降伏電圧 V_{BR} を持っているか?
- ② 保護する信号ラインの周波数に対して、適切な端子間容量 C_T を持っているか?
- ③ 信号の極性 (アナログ信号のように GND をまたがる信号か?)

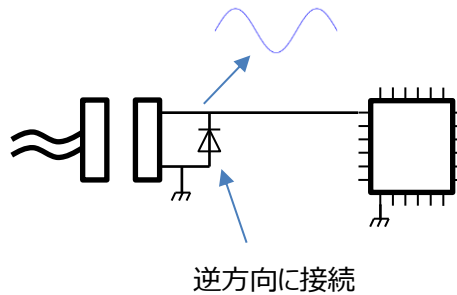


図 3-9 接続方法

① 保護する信号ラインの信号振幅 (最大電圧) に対して、適切な逆方向降伏電圧 V_{BR} を持っているか?

図 3-10 の グラフで逆方向降伏電圧 V_{BR} に近づくに従って電流 (リーク電流) が増加しています。信号が V_{BR} 近傍まで届く場合、このリーク電流によって信号が歪むことが懸念されます。 V_{BR} は信号に対し、ある程度余裕が必要です。

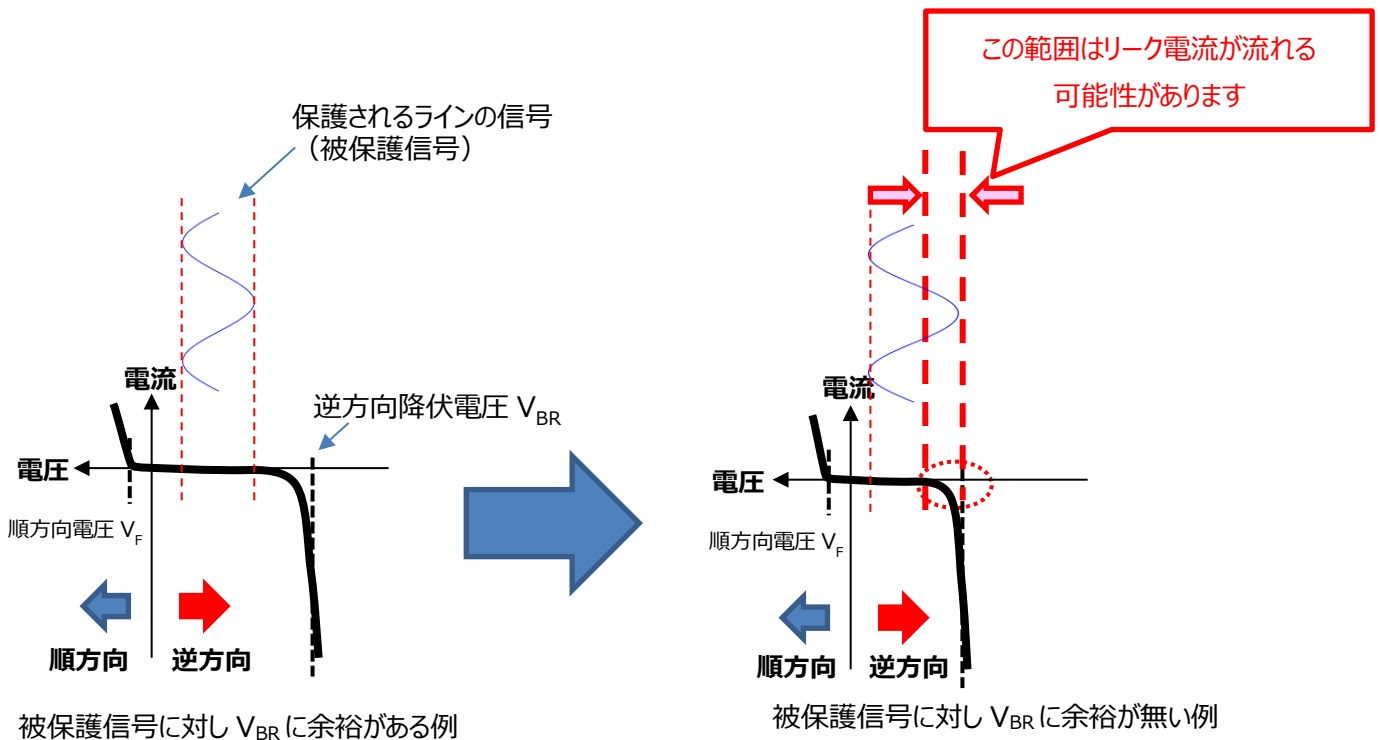


図 3-10 適切な V_{BR} の製品を選ぶ

実際の製品で逆方向降伏電圧 V_{BR} は以下のように表示しています。この製品では、25°Cで逆電流が5mA 流れる逆方向電圧を V_{BR} としています。標準の V_{BR} で 6.8V ですので、6.8V のときに 1.4kΩ の抵抗が信号ラインと GND 間に入ることと等価になります。この逆電流値は図に示すように、電圧に対して指数関数的に変化します。 V_{BR} の近傍では、リニアリティーが低下し歪の悪化が懸念されます。

製品によってはピーク逆動作電圧を定義しています。この製品では逆電流 I_R が最大で 0.5μA (抵抗値としては 1MΩ 以上) となる電圧になります。この電圧を目安として信号振幅の最大値が V_{RWM} 以下になるように ESD 保護用ダイオードを選択することが必要です。

| Characteristics | Symbol | Note | Test Condition | Min | Typ. | Max | Unit |
|--|-----------------------|---|----------------|-----|------|-----|------|
| Working peak reverse voltage | V_{RWM} | | — | — | — | 5 | V |
| Zener voltage (Reverse breakdown voltage) | V_Z (V_{BR}) | $I_Z = 5 \text{ mA}$ ($I_{BR} = 5 \text{ mA}$) | | 6.4 | 6.8 | 7.2 | V |
| Dynamic impedance | Z_Z | $I_Z = 5 \text{ mA}$ ($I_{BR} = 5 \text{ mA}$) | | — | — | 30 | Ω |
| Reverse current | I_R | $V_{RWM} = 5 \text{ V}$ | | — | — | 0.5 | μA |

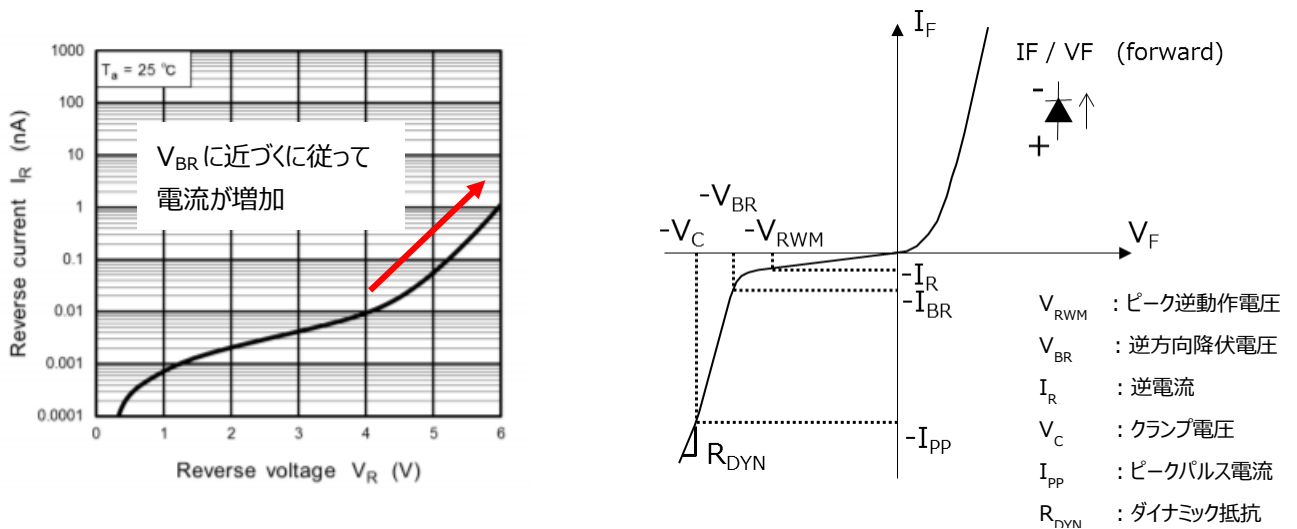


図 3-11 実際の製品での $V_{BR} \cdot V_{RWM}$

② 保護する信号ラインの周波数に対して、適切な端子間容量 C_T を持っているか？

ESD 保護用ダイオードの等価回路は図 3-12 になります。通常動作時、ダイオード部分はオフしており図に示すように pn ジャンクション境界面に空乏層が広がっています。この空乏層は電気的にはコンデンサーとして働きます。

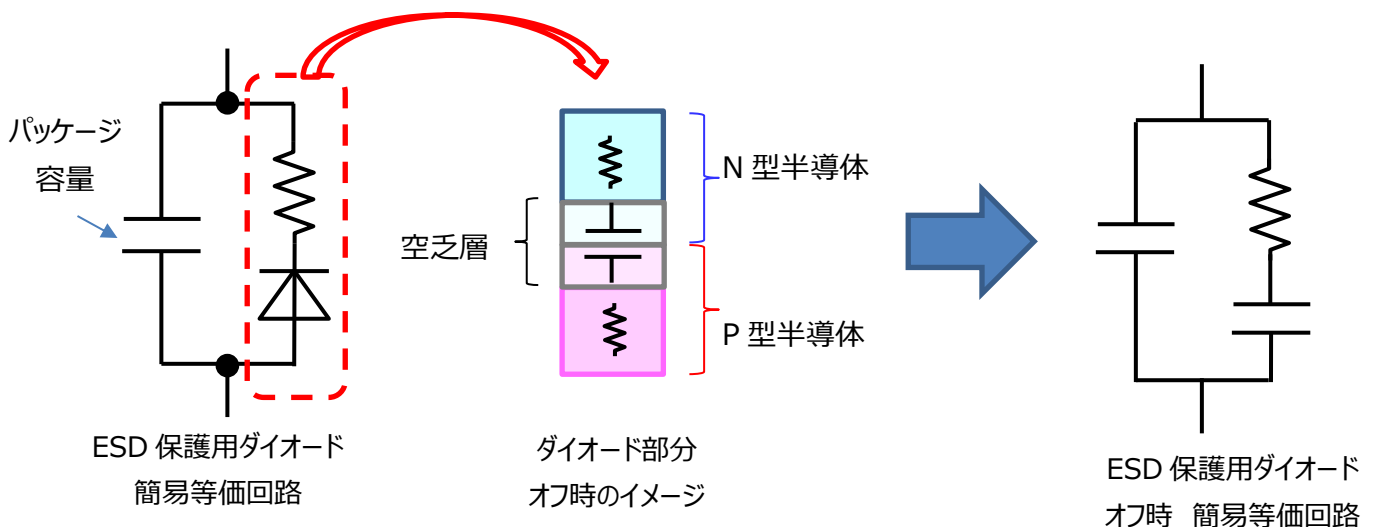


図 3-12 ESD 保護用ダイオード オフ時の簡易等価回路

このため、信号ラインの周波数に対して適切な素子を選択しないと信号品質は低下します。

下図は ESD 保護用ダイオードの容量 (端子間容量 C_T) が 5pF/0.3pF/0.1pF のときの通過特性になります。

容量が大きい素子に関しては、損失が大きく (数値がマイナスに大きく変動) っており、信号速度に追従できていないことを示しています。例えば、Thunderbolt (10Gbps/周波数換算:5GHz) のポイントを見ると、容量の小さい素子 (0.1~0.3pF) は、損失が小さく通過信号への影響が少ないですが、容量の大きい素子 (5pF) は、損失が大きく、通過信号が大幅に減衰してしまっていることが分かります。

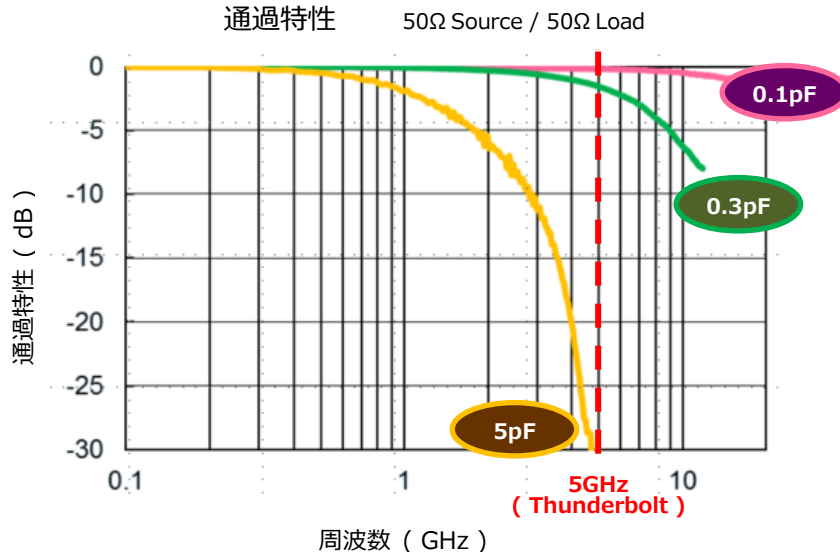


図 3-13 端子間容量と挿入損失

選択の目安となるグラフを以下に示します。

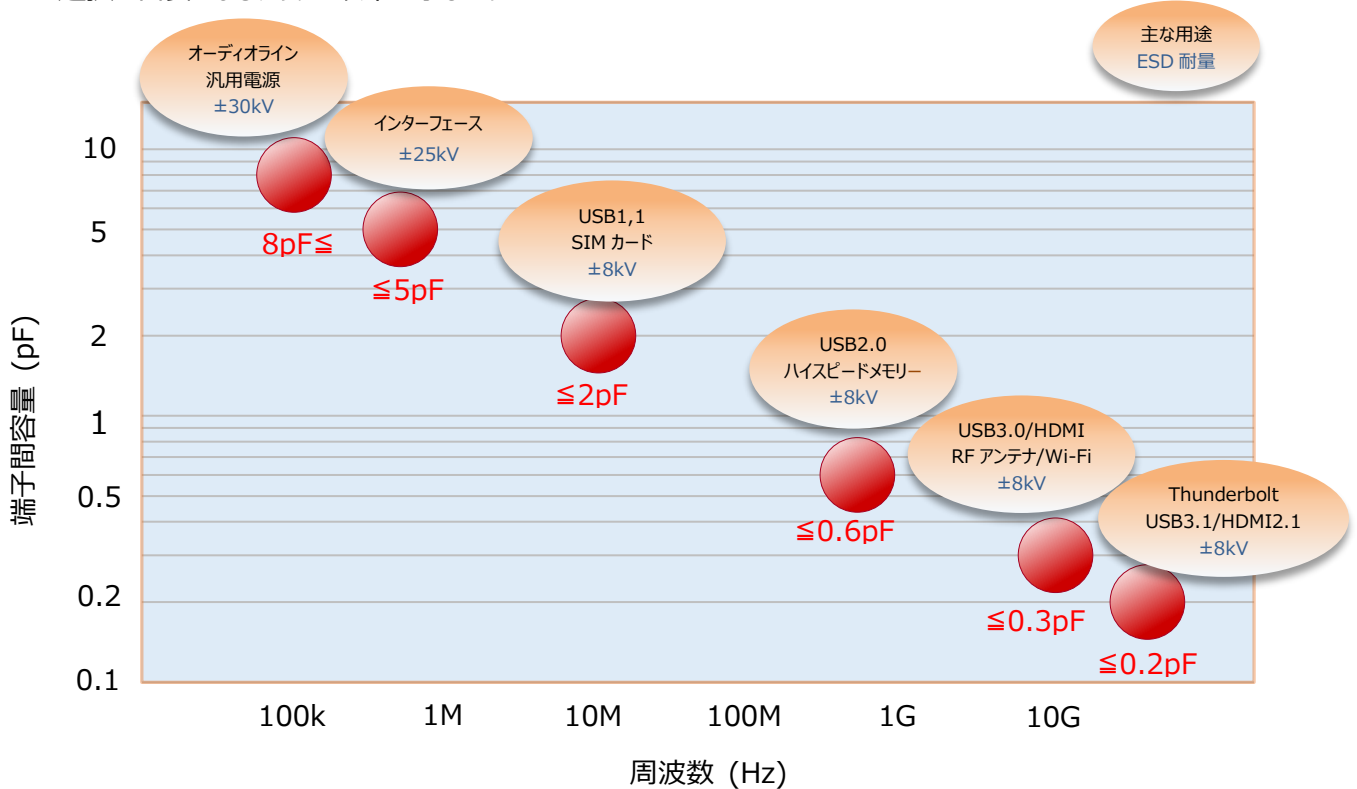


図 3-14 周波数に対する ESD 保護用ダイオード 選択の目安

③ 信号の極性 (アナログ信号のように GND をまたがる信号か?)

被保護ラインの信号を考慮して、片方向か双方向を選択する必要があります。

変調されていないデジタル信号のように L(0V)と H(5V)の片極 (プラス極性しかない)の信号の場合と、バイアスされていないアナログ信号のように、プラスとマイナスの両極を持つ信号でデバイスの選択が異なります。

下図に示すように、両極性の信号であれば双方向の ESD 保護用ダイオードを選択する必要があります。

(片極性の信号は、どちらのタイプでも使用可能です。)

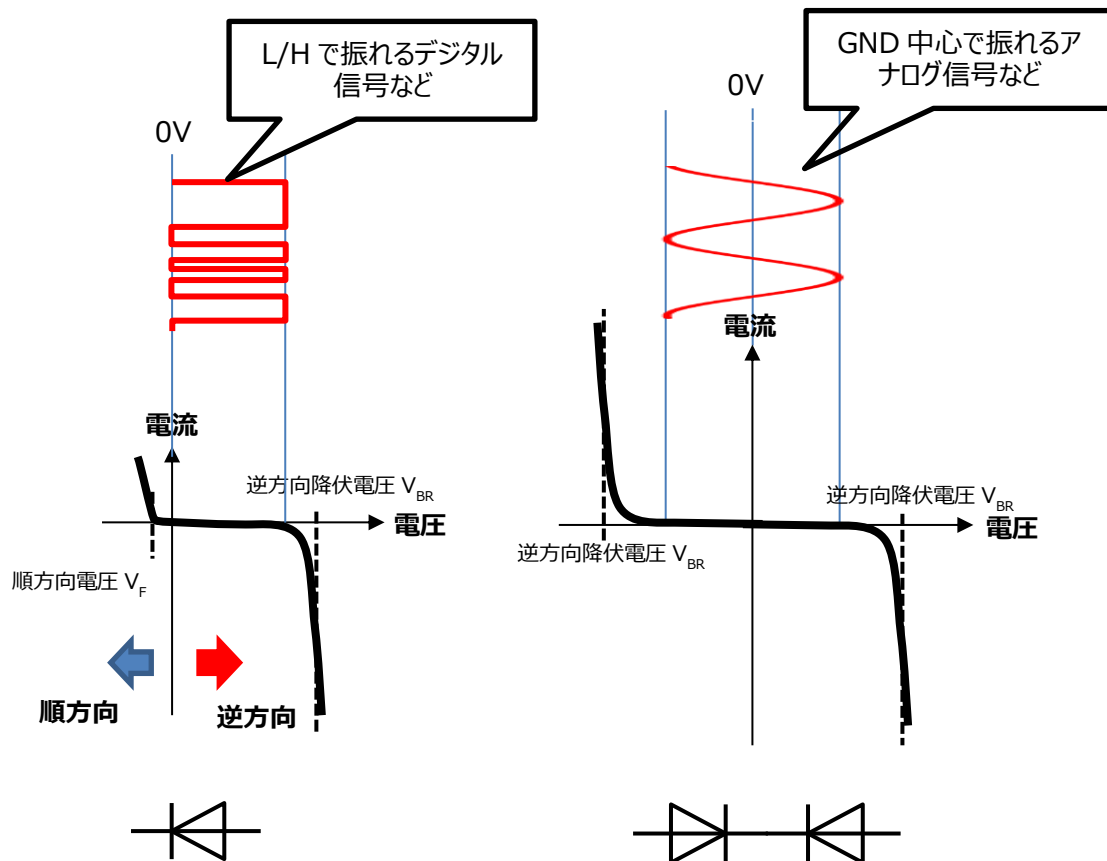


図 3-15 片方向と双方向 信号形状による違い


3.3.2. ESD 侵入時

ESD 侵入時には ESD 保護用ダイオードはオンまたは逆方向降伏の状態になります。図 3-16 に示すように、片方向タイプでは正の方向の ESD パルスに対しては逆方向降伏で ESD を吸収し、負の方向の ESD パルスに対してはダイオードがオンすることで吸収します。

ここで被保護素子が ESD パルスで破壊されないために重要なことは、以下 3 点になります。

- ① ESD パルスの極性・・・ESD パルスの正方向・負方向に対しては、片方向 ESD 保護用ダイオード・双方向 ESD 保護用ダイオードの両極性とも図 3-16 に示すように吸収します。従って、極性に関しては心配ありません。
- ② ダイナミック抵抗 (R_{DYN}) が低いこと・・・ESD パルス印加時、印加側から見て ESD 保護用ダイオードと被保護素子は並列になります。ESD 保護用ダイオードの R_{DYN} が低いほど、保護対象に印加されるエネルギーは低くなり、破壊されにくくなります。
- ③ クランプ電圧 (V_C)、1st Peak Voltage が低いこと・・・ ESD 侵入時に 1st Peak Voltage やクランプ電圧が高い保護素子では、エネルギーを吸収しきれず保護対象が破壊される可能性があります。

① 侵入した ESD パルスの極性に対する ESD 保護用ダイオードの動作

ESD 保護用ダイオードの構成 (片方向/双方向) によらず、プラス・マイナス どちらの方向の ESD パルスも吸収されます。(下図、“”の部分)

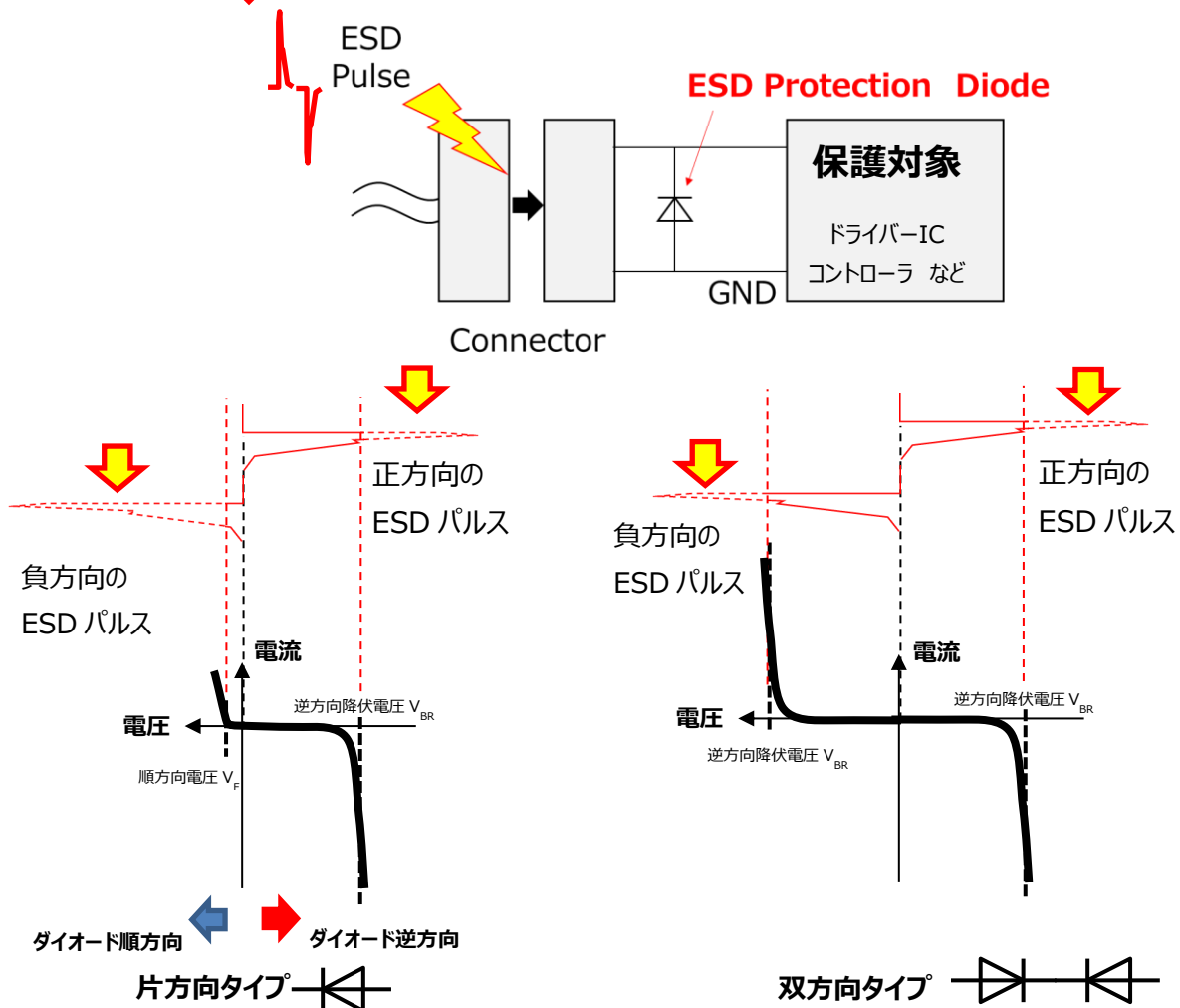


図 3-16 片方向/双方向 ESD 侵入時

② ダイナミック抵抗 (R_{DYN}) が低いこと

ESDパルスが侵入したとき、ESD 保護用ダイオードと保護対象の両者に電流は流れます。保護対象に流れる電流をいかに少なくするか (ESD 保護用ダイオードにいくに多くの電流が流れるか?) が重要です。

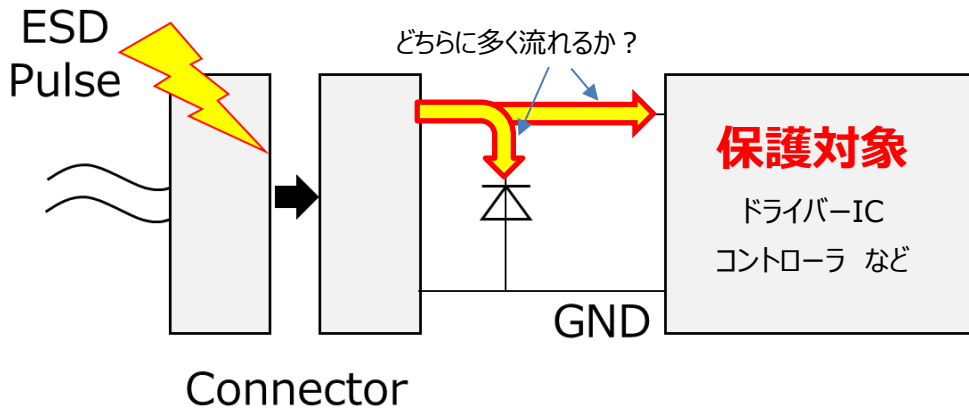


図 3-17 どちらに多く電流が流れるか?

最近の ESD 保護用ダイオードではダイナミック抵抗 (R_{DYN}) がデータシート上に規定されています。

R_{DYN} は逆方向オン時の傾きです。 R_{DYN} の低い製品ほど ESD パルス印加時に、同一電圧でより大きな電流が流れることとなります。

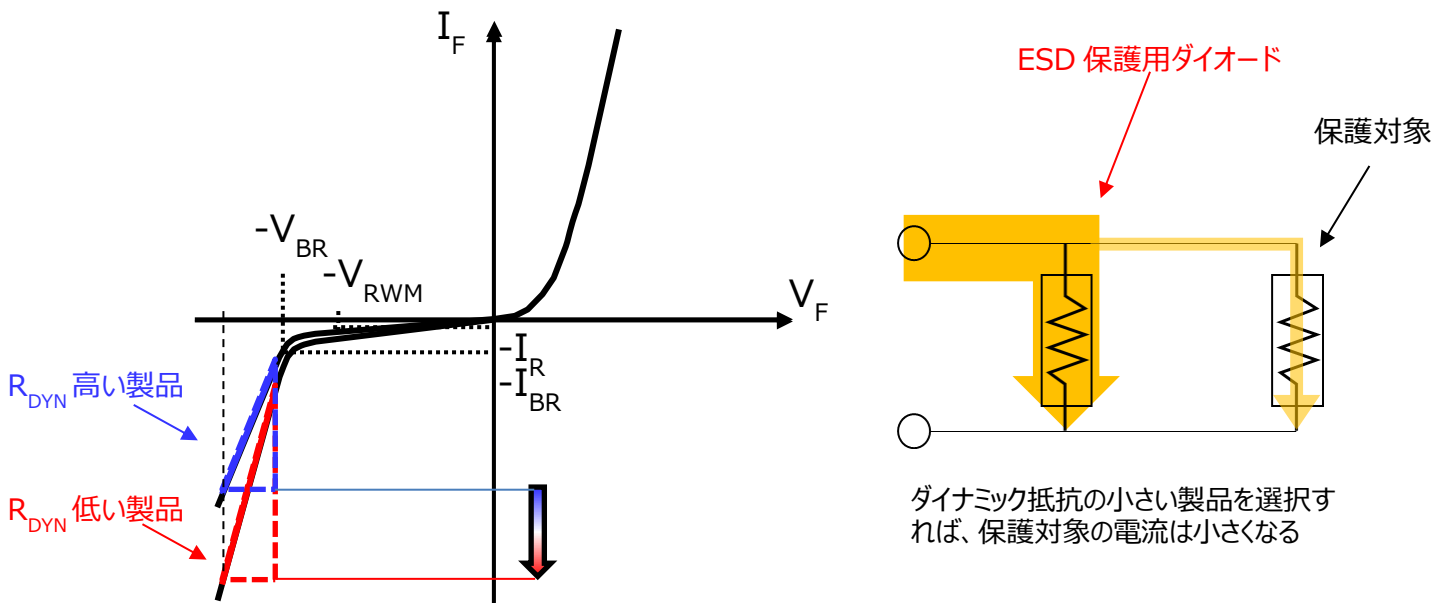


図 3-18 ダイナミック抵抗のイメージ

コネクター側から見ると ESD 保護用ダイオードと保護対象のインピーダンスは並列です。ESD 保護用ダイオードのインピーダンス (ダイナミック抵抗) が低ければ、大部分の電流は ESD 保護用ダイオードに流れ保護対象に流れる電流は小さくなります。保護対象が ESD パルスで破壊される可能性が下がります。

③ クランプ電圧 (V_C)、1st Peak Voltage が低いこと

図 3-19 の回路で ESD 保護用ダイオードを変更して、ESD を印加した結果です。

後段の被保護素子の入力端で測定すると、DF2B5M5SL、DF2B5M4SL は DF2B26M4SL に比べ印加後の 30ns や 60ns のクランプ電圧が低くなっています。クランプ波形の総面積が小さいほど、後段素子へのダメージが抑制されます。そのため、 V_C の低い製品では ESD パルス侵入時に被保護素子をより良く保護すると考えることができます。

また、ESD 印加直後は保護素子が十分に応答することができない領域があります。このため、クランプ電圧より高いピーク電圧(1st Peak Voltage)が後段の被保護素子にかかり、誤動作や破壊に至るケースがあります。

ESD 保護用ダイオードは他の保護素子に比べ高速応答時間を実現しています。

さらに、当社 DF2B5M5SL は、チッププロセスや内部構造の最適化を図り、ファーストピーク電圧も DF2B5M4SL に比較し 50%低くなっています。

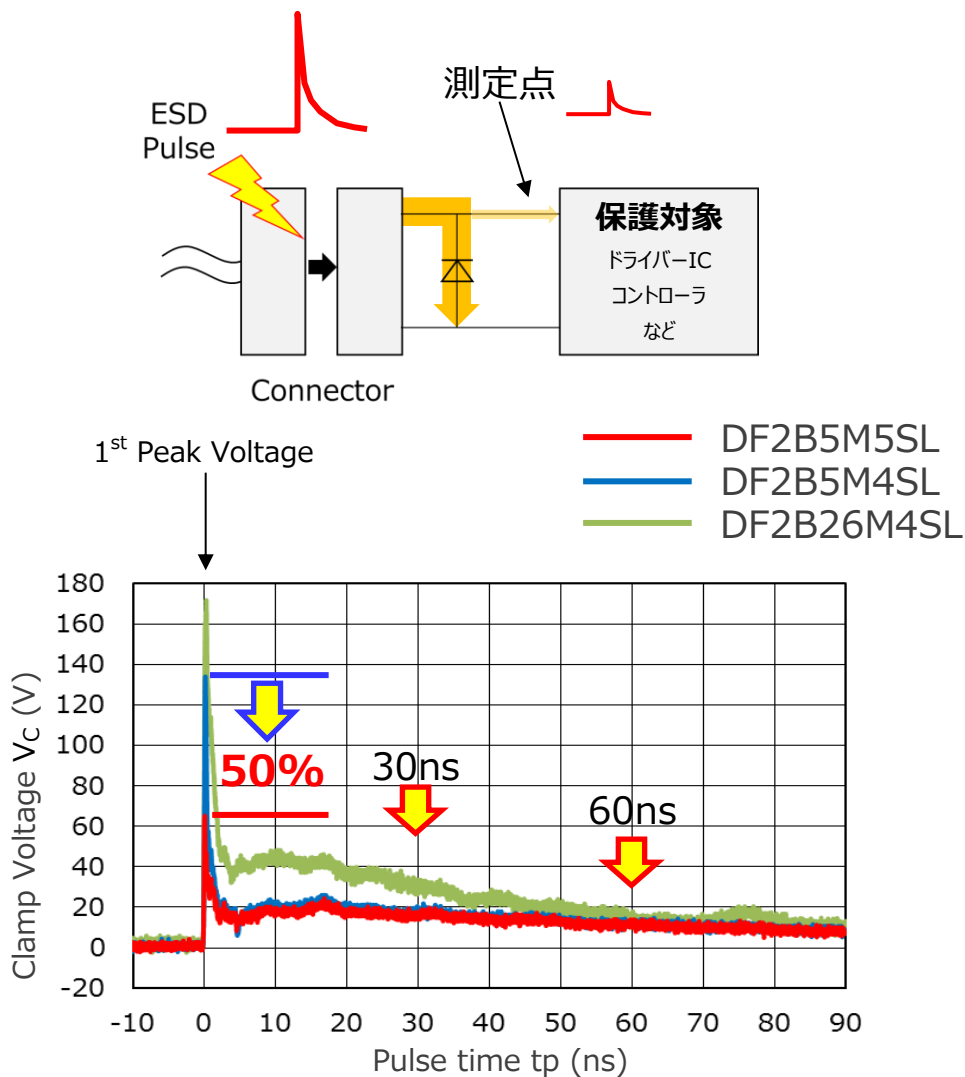


図 3-19 クランプ電圧(V_C)、1st Peak Voltage の製品による吸収の違い

4. ESD 保護用ダイオードの選択方法

ESD 保護用ダイオードの選択では、3 つの側面から考える必要があります。すでに説明済みの項目もありますので、ここでは簡単に記載します。

1. 保護する信号ラインの信号品質の保持

- ① Voltage of signal Lines (p 12 参照ください)
保護する信号ラインの最大電圧に対して適切な逆方向降伏電圧 V_{BR} (またはピーク逆動作電圧 V_{RWM}) を選択
- ② Signal Speed (p 13)
信号の最大周波数に合わせて適切な端子間容量 C_t を選択
- ③ Signal Polarity (p 15 参照ください)
GND をまたがるアナログ信号のような場合は双方向の ESD 保護用ダイオードを選択

2. より良い保護性能

- ④ ESD パルスの極性 (p 16 参照ください)
いずれの ESD 保護用ダイオードでも正負両極の ESD パルスに対応
- ⑤ Clamp voltage (p 18 参照ください)
必要となる V_{RWM} に対し、できるだけ低いクランプ電圧 V_C の製品を選択

3. ESD 保護用ダイオードの破壊耐量

- ⑥ IEC61000-4-2
ご要求の静電気耐量、製品で保証する静電気耐量より大きな保証値を持つ製品を選択。
ただし、一般的に静電気耐量と端子間容量は比例する傾向があります。
- ⑦ IEC61000-4-5
ご要求のピークパルス電力/電流に対し、より大きな保証値を持つ製品を選択。

5. レイアウト上の注意点

ESD 保護用ダイオードは ESD 保護性能が高くて、基板設計を適切に行わないと、保護性能を十分に生かされません。特に、ESD パルスが流入した瞬間の高周波パルスに大きな影響を及ぼします。

ESD パルスはインピーダンスの低い経路を通ります。特に配線などのインダクター成分を考慮し、保護対象素子と ESD 保護用ダイオードの分岐後の配線長に注意が必要です。ESD 保護用ダイオード側の配線のインダクタンスが大きくなると ESD パルスのエネルギーが保護対象素子側に流れ込むことになります。下図はコネクタの近傍に配置した場合と保護対象素子の近傍に配置した場合の比較です。コネクタに近傍に配置した場合、10V 近く印加直後の電圧 (1st Peak Voltage)が減少していることがわかります。

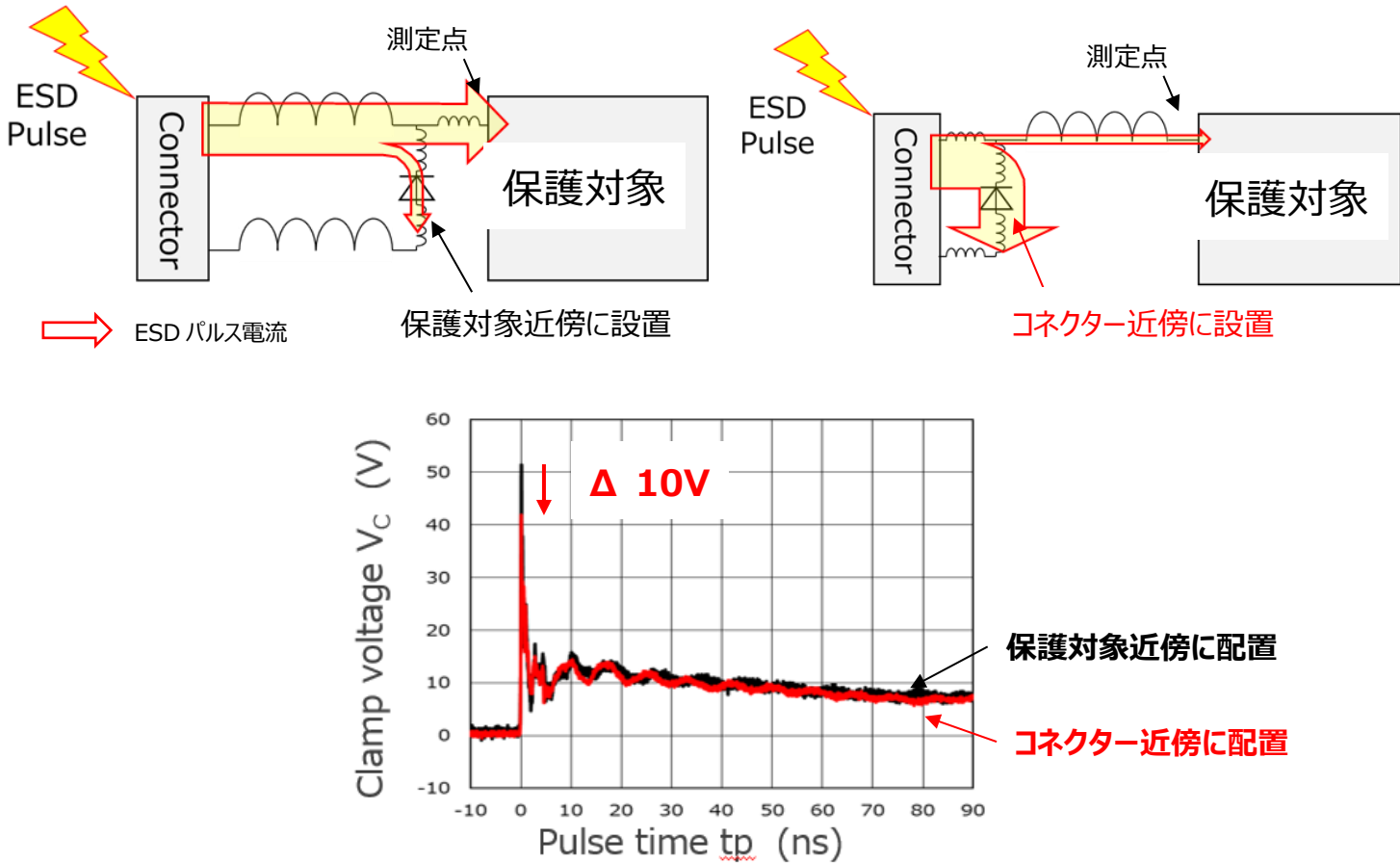
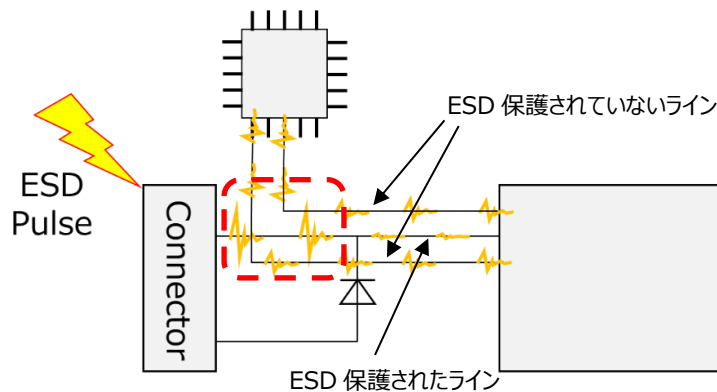


図 5-1 配置の違いによる 1st Peak Voltage への影響

基板設計に対しては以下の点に注意して設計ください。

- ① 侵入口に近いところに ESD 保護用ダイオードを配置してください。
- ② 被保護素子のラインと ESD 保護用ダイオードのライン分岐後、GND も含め ESD 保護用ダイオードに直列の配線インダクタンスはできるだけ小さくなるようにしてください。
- ③ ESD パルスが重畳する可能性のある配線と他の配線が並走しないようにしてください。特に内部だけで結線されているラインは ESD に対する考慮がされておらず危険です。



電磁誘導や容量結合によりコネクタなど外部と接続されたラインから内部接続ラインに ESD パルスが伝送することがあります。コネクタから ESD 保護用ダイオードまでの区間が危険です

図 5-2 外部接続ラインとの並走

6. データシート 記載項目

6.1. 絶対最大定格の定義

ESD 保護用ダイオードに印加可能な電流、電圧、電力損失などの最大許容値は最大定格値として定められています。回路を設計する上で最大定格をよく認識することは、ESD 保護用ダイオードを有効に働かせる上からも、目標とする稼働時間に十分高い信頼度で動作させる上からも、非常に大切なことです。

最大定格値は、ESD 保護用ダイオードの寿命と信頼度を保証するために超えてはならない最大値で、絶対最大定格の考え方を採用しています。

絶対最大定格とは、瞬時といえども動作中に定格値を超えてはならないとするものです。

定格を超えて使用した場合、特性は回復しない場合もあります。回路設計においては供給電圧の変動、電気部品の特性のばらつき、回路調整時の最大定格オーバー、周囲温度の変化、入力信号の変動などに注意し、定格の1つでも超えることは避けなければなりません。定格値として定められるべき主な項目は、ESD 保護用ダイオードの静電気耐量、ピークパルス電力、接合温度、保存温度などです。これらの特性は相互に密接な関係があるので、個々別々に考えることができず、また外部回路条件によっても異なります。また、一般的に絶対最大定格は、周囲温度 $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$ を基準に規定されますが、特定の温度で定格が規定される場合もあります。

6.1.1. 静電気耐量 (IEC61000-4-2) (接触放電) V_{ESD}

直接接触により放電する直接放電による静電気耐量を表します。

国際電気標準会議 (The International Electrotechnical Commission : IEC)が定めた IEC61000-4-2 に定められた試験方法と放電波形に従います。記載された値は試験波形の最大値 (100%)の値になります。

6.1.2. 静電気耐量 (IEC61000-4-2) (気中放電) V_{ESD}

非試験機器と放電端子の間に空気の層を持つ気中放電による静電気耐量を表します。試験方法・試験波形は 6.1.1 と同様です。

6.1.3. ピークパルス電力 ($t_p = 8/20\ \mu\text{s}$) P_{PK}

ESD 保護用ダイオードが損傷を受けずに耐えうる最大のサージ電力を表します。

テスト波形として図 6-1 に示すピークまでの立ち上がりが $8\ \mu\text{s}$ 、ピークに対し $1/2$ になる時間が $20\ \mu\text{s}$ の波形を使用しています。

6.1.4. ピークパルス電流 ($t_p = 8/20\ \mu\text{s}$) I_{PP}

ESD 保護用ダイオードが損傷を受けずに耐えうる最大のサージ電流を表します。

テスト波形として図 6-1 に示す波形を使用しています。

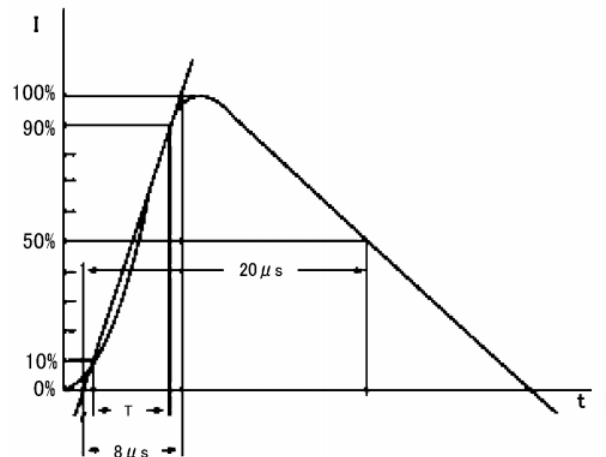


図 6-1 IEC61000-4-5 準拠 8/20 μs 波形

6.1.5. 接合温度 T_j

ESD 保護用ダイオードが特性劣化や破壊することがなく使用できる接合温度の最大値です。

6.1.6. 保存温度 T_{stg}

ESD 保護用ダイオードに電圧を印加しない状態で、保存または輸送できる周囲温度範囲です。

6.2. 電気的特性

6.2.1. ピーク逆動作電圧 V_{RWM}

ピーク逆動作電圧以下の電圧範囲では、ESD 保護用ダイオードが非常に高いインピーダンス素子(この電圧を印加しても規定のリーク電流以下しか流れません)として働きます。保護するラインの最大電圧に対する目安として使用されます。

6.2.2. 端子間容量 C_T

規定の逆電圧条件下で、規定の周波数の小信号を印加したときの端子間の等価容量です。端子間容量は内蔵デバイスのジャンクション容量とパッケージの持つ寄生容量の合計です。ジャンクション容量は逆電圧に対して負の電圧依存性があります。

6.2.3. ダイナミック抵抗 R_{DYN}

ダイナミック抵抗は ESD 保護用ダイオードに逆電圧を印加し、図に示すようにブレイクダウン後の規定の大電流 2 点での傾き (抵抗値) を表します。後述のクランプ電圧とともに、保護性能の指標となります。

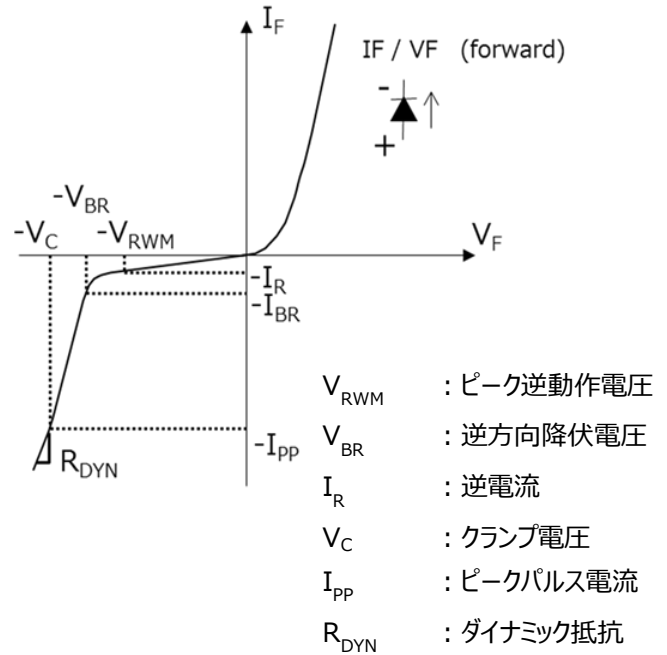


図 6-2 電気的特性の定義

6.2.4. 逆方向降伏電圧 V_{BR}

規定条件下で規定の電流 (デバイスにより電流値は異なりますが 1mA が標準) を流す電圧となります。この項目は従来のツェナーダイオードからの流れをくむ項目です。この電圧で ESD 保護用ダイオードはオンと定義されます。

6.2.5. 逆電流 I_R

指定された逆電圧での逆方向漏れ電流です。ESD 保護用ダイオードでは指定電圧としてピーク逆動作電圧 (V_{RWM}) を指定します。

6.2.6. クランプ電圧 V_C

特定のピークパルス電流を流したときの最大電圧になります。通常、複数のピークパルス電流値で測定しています。最大定格で説明していますが、ピークパルス電流は 8/20 μ s の波形に従います。ダイナミック抵抗とともに ESD 保護用ダイオードの保護性能を表す指標となります。

ESD 保護用ダイオード(TVS ダイオード)製品ラインナップはこちらから →

[Click Here](#)

7. 関連リンク

■ダイオードのラインアップ

[Click](#)

■ESD 保護用ダイオード (パラメトリックサーチ)

[Click](#)

■ツェナーダイオード (パラメトリックサーチ)

[Click](#)

■オンラインディストリビュータご購入、在庫検索



■ESD 保護用ダイオードの FAQ

[Click](#)

■アプリケーションノート

[Click](#)

■TVS ダイオード (ESD 保護ダイオード) の e ラーニング

[Click](#)

8. 製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。
本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則および命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社および第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替および外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、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い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、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て、当社は一切の責任を負いかねます。