

## 過電圧対策に有効な ツェナーダイオードと ESD 保護用ダイオード

### 概要

本資料では TVS ダイオードである ESD 保護用ダイオードと過電圧保護に適したツェナーダイオードの用途と特徴について静電気放電(ESD)や過電圧サージの種類に触れながら説明します。

### 目次

概要.....	1
目次.....	2
1. はじめに.....	3
2. 電子機器を取り巻く過電圧パルスについて.....	3
3. 保護素子について.....	4
3.1 ESD 保護用ダイオードについて.....	4
3.2 過電圧保護に適したツェナーダイオードについて.....	4
4. まとめ.....	7
製品取り扱い上のお願い.....	8

## 1. はじめに

電子機器に使用される半導体は新規プロセスの開発と微細化を進めることで性能改善と小型化を進めてきましたが、予期しない電圧変動に対する耐量は低くなってしまい、静電気放電 ESD (Electro Static Discharge) やサージなど過電圧パルスに対して不利な方向に進んでいます。このため、電子機器に使用される保護素子の重要性が高まっています。

当社では過電圧パルスから対象を保護する ESD 保護用ダイオードとツェナーダイオードの 2 種類の製品をラインナップしています。本資料ではこれら保護素子の用途や使い方について解説します。

## 2. 電子機器を取り巻く過電圧パルスについて

サージや ESD による過電圧パルスが電気機器の回路に印加されてしまった場合、半導体製品等の部品において絶縁破壊や機能停止、劣化などの要因となります。これら過電圧パルスは図 2.1 の様に発生原因により分類され、それぞれパルス幅、電圧が異なっています。次に各々の過電圧パルスについて説明します。

### ○静電気放電(ESD)

ESD は正、負逆の電荷が蓄積されている物体(誘電体)が接触や接近する事で発生する放電現象のことです。人体と電子機器が接触して発生する ESD は急激に放電現象が起こることから数千 V に達することもあり、ナノ秒オーダーの短パルスになります。

### ○雷サージ

雷を元とする雷サージは直撃雷サージと誘導雷サージに分ける事ができます。直撃雷サージは直接、雷が印加された時のサージを指します。一方誘導雷サージは雷などで発生する電磁パルスの影響を受け、誘導されるサージを指します。直撃雷サージはエネルギーが高く、保護が困難な場合が多いのに対して、誘導雷サージはエネルギーが低く対策は可能です。誘導雷サージは誘導現象を起因としていることから、マイクロ秒オーダーからミリ秒オーダーまで長いパルスとなります。

### ○開閉サージ

スイッチやリレーなどのオンオフ(開閉)時、急激な電流変化と回路や配線のインダクタンスにより、誘発される過渡的な過電圧のことを開閉サージといいます。回路内のインダクタンスと容量によって発生することからナノ秒オーダーの短パルスからミリ秒オーダーの長いパルスとなります。

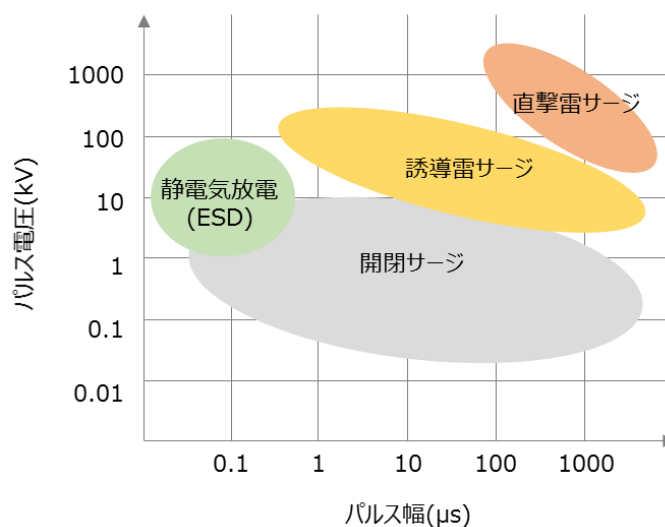


図 2.1 過電圧パルスの分類

### 3. 保護素子について

過電圧パルスに対するダイオードタイプの保護素子の接続方法と動作について説明します。

ダイオードタイプの保護素子は図 3.1 のようにカソードを通電ラインに、アノードを GND に接続します。この時保護素子の降伏電圧は通電ラインと GND 間の電位に対してマージンがあるものを選択します。そうすることで機器の通常動作時では保護素子は動作しませんが、降伏電圧を超えた過電圧パルスが印加された場合、保護素子を介して電流が GND へ流れる事で対象を保護します。

当社は保護素子として ESD 保護用ダイオードとツェナーダイオードをラインナップしており接続方法と動作は同一ですが、それぞれの特徴が違います。次にそれぞれの特徴について説明します。

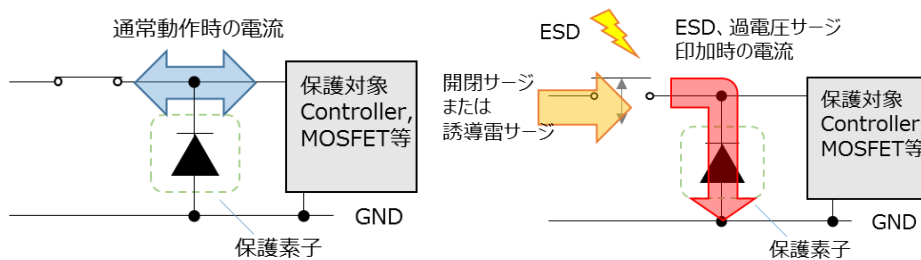


図 3.1 通常動作時と ESD、過電圧サージ印加時における保護素子の動作イメージ

#### 3.1 ESD 保護用ダイオードについて

信号ラインでの保護素子に求められる性能として低い端子間容量  $C_T$  であることが重要です。端子間容量が大きいと、信号品位が下がるためです。当社 ESD 保護用ダイオードは標準的な容量帯はもちろん低容量帯も製品化しており図 3.2 の様に多様な製品をラインナップしていることが特徴です。

電気機器への搭載数量が増加している USB や HDMI 等の外部コネクタにおいて物体との接触により発生する可能性が高いことから ESD など過渡的なパルスから対象を保護する事が重要となります。同時に通常動作時は信号周波数が高い場合(USB や HDMI 等)、信号品位を低下させないように部品選定する事が必要です。当社は静電気モデルの IEC61000-4-2 に対応したナノ秒オーダーのパルスから対象を保護する性能に訴求した製品を取り揃えています。さらに近年では誘導雷からの電子機器保護も重要となっておりマイクロ秒オーダーの過電圧モデルである IEC61000-4-5 (8/20 $\mu$ s)に対応した製品もラインナップしています。(さらに長い過電圧パルスの保護については次章の過電圧保護に適したツェナーダイオードについて、を参照ください。)

ESD 保護用ダイオードの基礎についてのアプリケーションノートはこちら

→

[Click Here](#)

信号ライン 用途例	Ct(typ.)	VRWM (max)(V)	0.62x0.32mm SOD-962 (SL2)	1.0x0.6mm SOD-882 (CST2)	1.0x0.6mm SOD-923	1.6x0.8mm SOD-523 (ESC)	2.5x1.25mm SOD-323 (USC)
USB3.2(10Gbps) Thunderbolt3(20Gbps) HDMI2.1(16Gbps) Wi-fi, Bluetooth(2.4GHz)	0.1 ~0.15pF	3.6V	New DF2B5M4ASL	-	-	-	-
		5.5V	New DF2B6M4ASL DF2B7M3SL	-	-	-	-
USB3.1(10Gbps) HDMI2.0(6Gbps)	0.2 ~0.35pF	3.6V, 3.3V	New DF2B5M5SL DF2B5M4SL New DF2S5M5SL DF2S5M4SL	DF2B5M4CT DF2B5M5CT	Under Development	-	-
		5.5V, 5V	New DF2B6M5SL DF2B6M4SL New DF2S6M5SL DF2S6M4SL	DF2B6M4CT DF2B6M5CT	Under Development	-	-
NFC、センサ用途		8V, 11V 18.5V, 24V	DF2B12M4SL DF2B20M4SL DF2B26M4SL	-	DF2B20M4FS #	Under Development	-
USB3.0(5Gbps)	0.5 ~0.6pF	3.3V	New DF2S5M5SL	DF2S5M5CT	DF2S5M4FS #	-	-
		5V	DF2S6M5SL	DF2S6M5CT	DF2S6M4FS #	-	-
USB2.0(480Mbps)	0.9 ~1.5pF	5.5V, 5V	DF2B6USL	DF2S6.8UCT	DF2S6.8UFS DF2S6.8MFS	-	-
		19V	-	DF2S24UCT	-	-	-
GPIO, Audio, I2C他 (100MHz~kHz)	~45pF	5.5V	New DF2B7BSL DF2B7ASL	DF2B7ACT DF2B7PCT	DF2B7AFS #	DF2B7AE DF2B6.8E #	DF2B7AFU
		3.6V, 3.3V	New DF2B5BSL DF2B5SL	DF2B5PCT	-	-	-
		1.5~12V 他電圧	DF2S5.1~8.2ASL	DF2S5.6~30CT	DF2S5.1~30FS	-	-
車載CAN FlexRay/ LIN							DF2S12FU DF2B18FU # DF2B29FU # DF2B36FU #
その他 用途例	Ct(typ.)	VRWM (max)(V)	1.6x0.8mm SOD-963 (CST2C)	2.5x1.25mm SOD-323 (USC)	2.0x2.0mm UDFN6B	#:車載対応	
電源ライン (Vbasライン)	45pF以上	5.5V 10V 12.6V 21.22V	New DF2S6P2CTC DF2S12P2CTC DF2S14P2CTC DF2S23P2CTC	New DF2S6P2FU DF2S12P2FU DF2S14P2FU DF2S23P2FU	DF6S25P3NU	Under Development	

図 3.2 東芝 ESD 保護用ダイオードラインナップ(シングル品)

### 3.2 過電圧保護に適したツェナーダイオードについて

当社ツェナーダイオードは過渡的な過電圧パルスはもちろん、ESD 保護用ダイオードでは保護が難しい DC に近い過電圧パルスからも対象を保護できることが特徴です。

回路設計において考慮すべき過電圧パルスとして ESD 以外にパルス幅の長い(マイクロ秒からミリ秒オーダー)誘導雷サージや開閉サージがあります。このようなパルス幅の長い過電圧パルスから対象を保護するためには想定されるサージエネルギーに応じた製品を選択する必要があります。図 3.3 の様な過電圧パルスの場合、図のグレー部分はツェナーダイオードへ通電されることになるため、電力を許容できるか確認する必要があります。式 3.2.1 を利用し方形波近似し、パルス幅を求めてください。製品ごとのサージ電力耐量は図 3.4 の様に設定されており、方形波近似後の  $t_w$  におけるツェナーサージ電力耐量が設計上問題ないかご確認ください。

$$t_w = \frac{1}{P_p} \int_0^{t_1} P_Z(t) dt \dots \dots \dots \text{式 3.2.1}$$

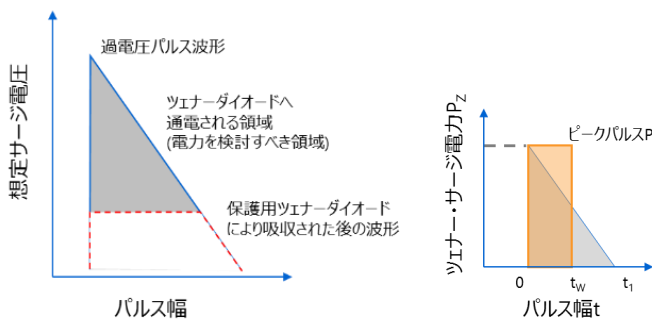


図 3.3 サージ波形から方形波近似しパルス幅の導出例

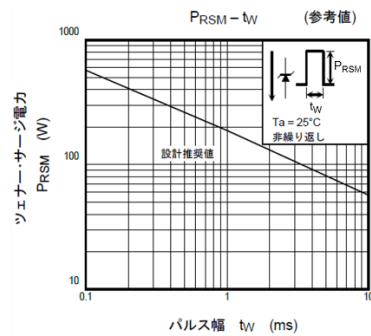


図 3.4 サージ電力耐量例

用途例	Ct(typ.)	ツェナー電圧 V <sub>Z typ</sub> (V)	1.0x0.6mm SOD-523 (ESC)	2.5x1.25mm SOD-323 (USC)	2.0x2.1mm SOT-323 (USM)	2.9x2.5mm SOT-346 (S-mini)
低電圧保護	125	5.6	CEZ5V6	CUZ5V6	MUZ5V6	MSZ5V6
5V電源ライン	105	6.2	CEZ6V2	CUZ6V2	MUZ6V2	MSZ6V2
5V電源ライン	88	6.8	CEZ6V8	CUZ6V8	MUZ6V8	MSZ6V8
9V電源ライン	44	12	CEZ12V	CUZ12V	MUZ12V	MSZ12V
12V電源ライン	35	16	CEZ16V	CUZ16V	MUZ16V	MSZ16V
20V電源ライン	26	24	CEZ24V	CUZ24V	MUZ24V	MSZ24V

図 3.5 保護用の小型ツェナーダイオードラインナップ

その他中型ツェナーダイオードを含んだラインナップはこちら

[Click Here](#)

#### 4. まとめ

本資料では過電圧パルスの種類と弊社ラインナップの保護素子として図 4.1、表 4.1 の様にそれぞれに対応した ESD 保護用ダイオードとツェナーダイオードをご紹介いたしました。ESD やサージなどの過電圧パルスから対象を保護するためには用途に応じた保護素子の選択が重要です。本資料で紹介させていただいた保護素子をご活用いただき過電圧パルスに対する不具合リスク低減を実現いただければ幸いです。今後とも当社保護素子のご愛顧の程、お願い申し上げます。

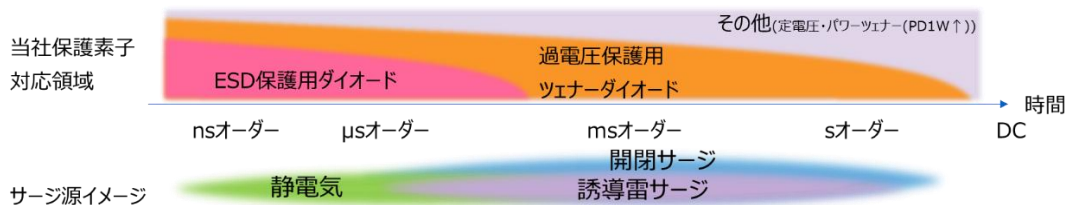


図 4.1 ESD 保護用ダイオードと過電圧保護に適したツェナーダイオードの対応領域

表 4.1 ESD 保護用ダイオードとツェナーダイオードの特徴まとめ

	ESD 保護用ダイオード	ツェナーダイオード
主な用途	マイクロ秒オーダー以下の過電圧パルスから対象保護が目的。※1	マイクロ秒以上の過電圧パルス保護 (ESD 保護用途も可能※1)
端子間容量※2	0.12pF~600pF	100pF~600pF(今後ラインナップ予定)
使用箇所例	USB、HDMI 等コネクタ用※3	電源ライン、電源制御ライン
備考	1pF 以下の低容量な製品を中心にラインナップ。	許容損失以内であれば DC に近い過電圧パルスからも保護可能。

※1 準拠規格 : IEC61000-4-2、IEC61000-4-5(8/20 $\mu$ s 条件)

※2 5V ライン保護用

※3 一部誘導雷サージからを想定した 8/20 $\mu$ s のパルスからの保護用の電源ライン向け製品有り

ESD 保護用ダイオードのご紹介ページはこちら

[Click Here](#)

ツェナーダイオードのラインナップはこちら

[Click Here](#)

ESD保護用ダイオードの基礎についてのアプリケーションノートはこちら

→

[Click Here](#)

## 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。