

TOSHIBA

電源ラインから信号ラインまで幅広く
回路保護に必須

TVSダイオード 実用編

東芝デバイス&ストレージ株式会社

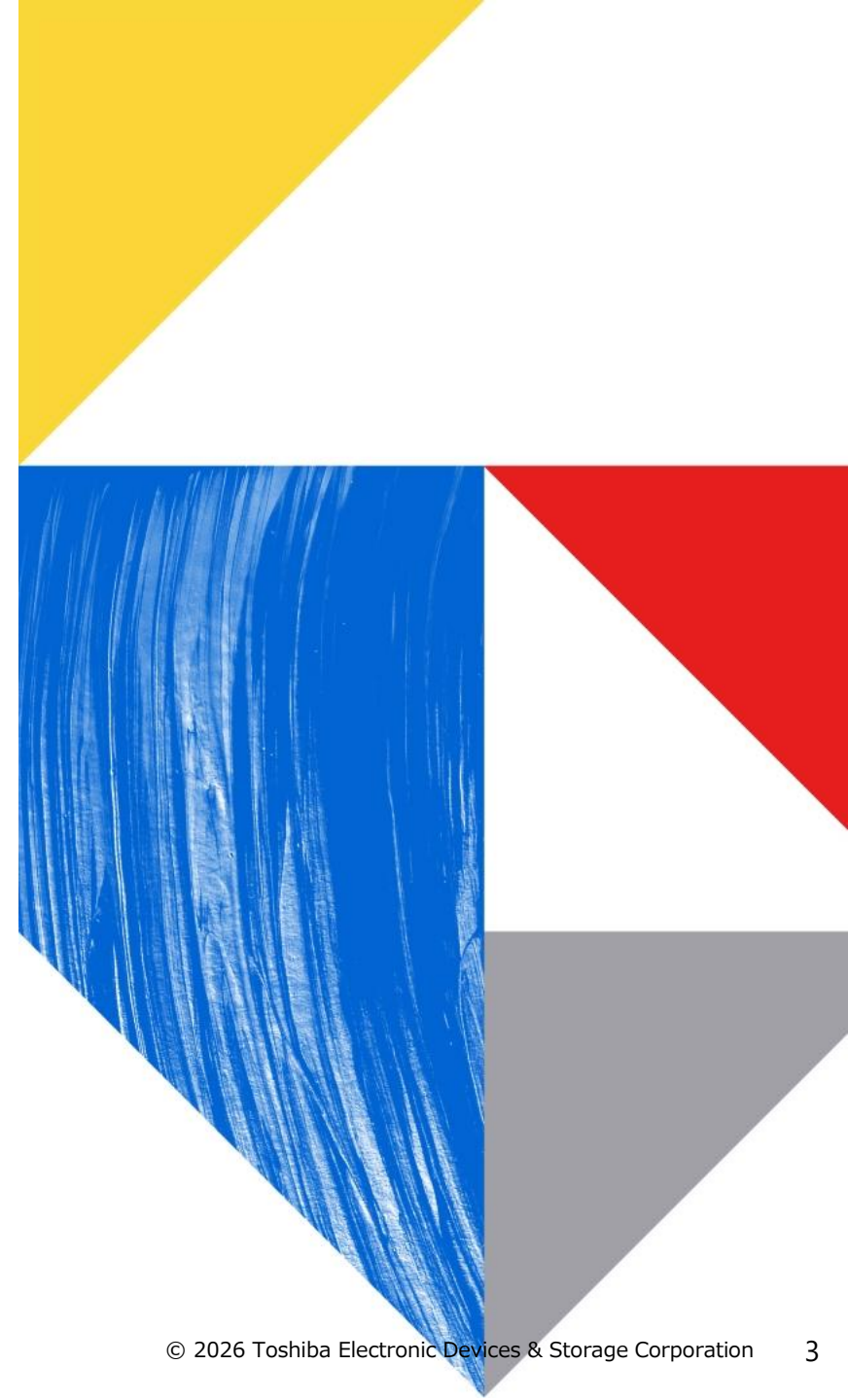
半導体応用技術センター モバイル・マルチマーケット応用技術部

Contents

- 01 はじめに
- 02 TVSダイオードとは
- 03 TVSダイオードの重要特性と評価手法
- 04 ESD設計にあたっての実用例
- 05 最新のTVSダイオード製品
- 06 本日のまとめ

01

はじめに



はじめに

もっとも身近なサージといえば、静電気放電(ESD : Electro Static Discharge)で静電気はどこにでもありふれたものです

◆人体の帯電電位と電撃の強さ

(注)人体の静電容量：約100pF

静電気の電圧(V)	電撃の強さ
1,000	全く感じない
2,000	指の外側に感じるが痛まない
3,000	針で刺された感じを受け、ちくりと痛む
4,000	針で深く刺された感じを受け、指がかすかに痛む
5,000	手のひらから前腕まで痛む
8,000	手のひらから前腕までしびれた感じを受ける
10,000	手全体に痛みと電気が流れた感じを受ける

参考：労働安全衛生総合研究所 技術指針「静電気安全指針-2007」(JNIOOSH-TR-NO.42(2007))

◆通常の作業中に発生する典型的な静電電圧

静電気発生源	測定電圧(V)	
	相対湿度10~20%	相対湿度65~90%
じゅうたん上を歩く	35,000	1,500
ビニール床上を歩く	12,000	250
作業台で作業する人	6,000	100
作業指示用のビニールケース	7,000	600
作業台から取り上げたポリ袋	20,000	1,200
ポリウレタンフォームを詰めた作業イス	18,000	1,500

参考：Department of Defense Handbook “Electrostatic Discharge Protective Packaging” (MIL-HDBK-773B (2020))

電子機器とその中の電子デバイスは、静電気に代表されるサージに触れる機会が多いです



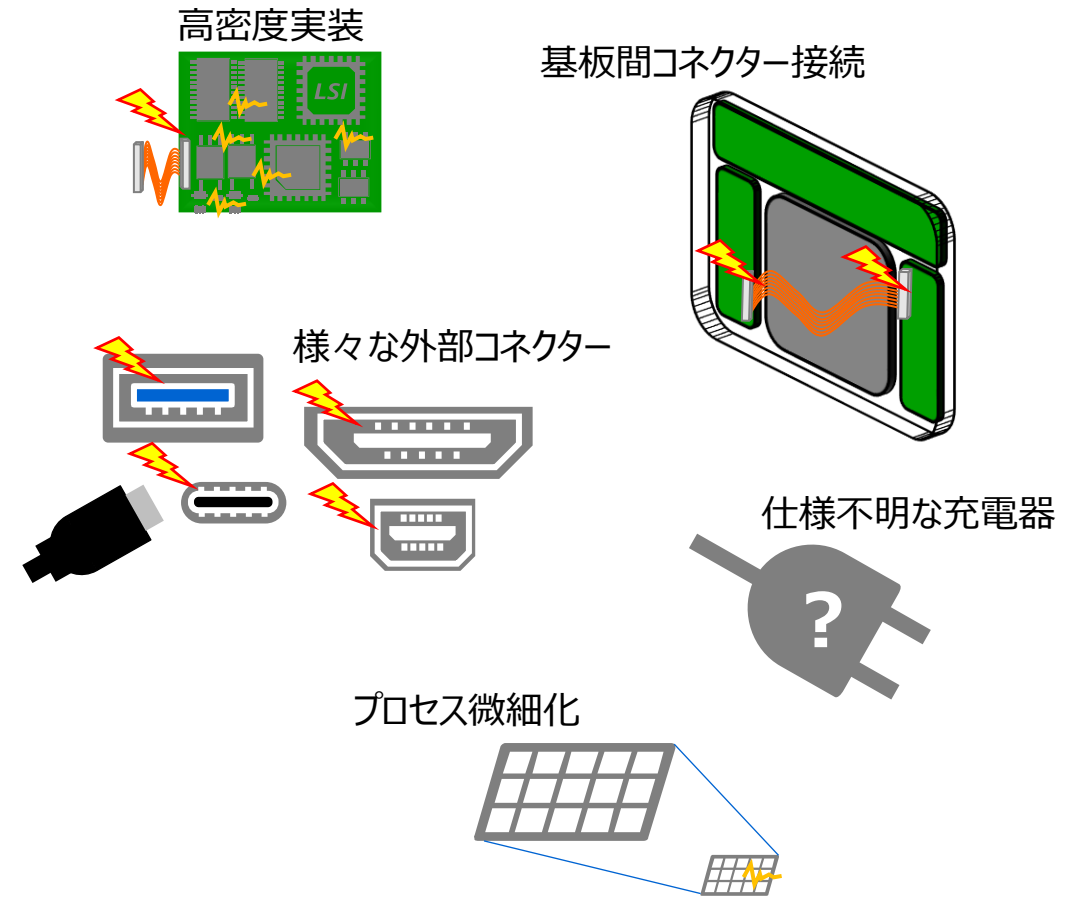
近年の電子機器の特長

静電気やサージの影響を受けやすい環境

- ✓ 基板の小型化 / 狭い部品間隔
- ✓ セットの小型化による基板分割
- ✓ 外部コネクタ数の増加
- ✓ コネクタ接続の周辺機器の増加

静電気を気にする保護対象の傾向

- ✓ 高性能化、小型化要求が進み
プロセスが微細化されるIC/LSI



**保護素子が必要な状況が加速しています。
TVSダイオードのご検討を提案させていただきます。**

02

TVSダイオードとは

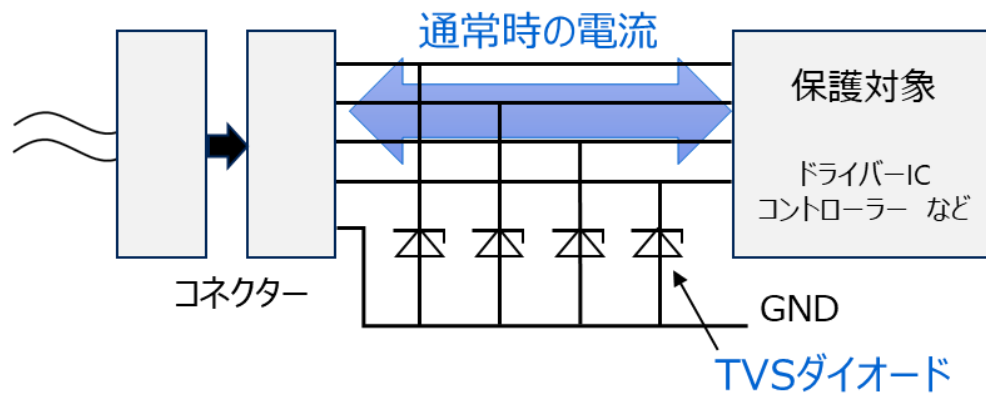
- TVSダイオードの基本動作
- TVSダイオードのデバイスとしての工夫



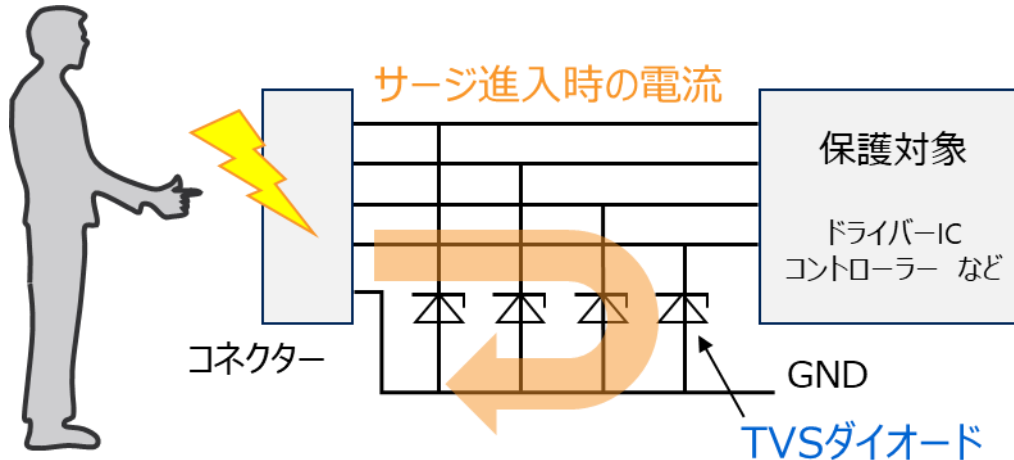
TVSダイオードの基本動作

TVSダイオードは、非線形特性を利用しESDをGNDに逃がす働きをします。

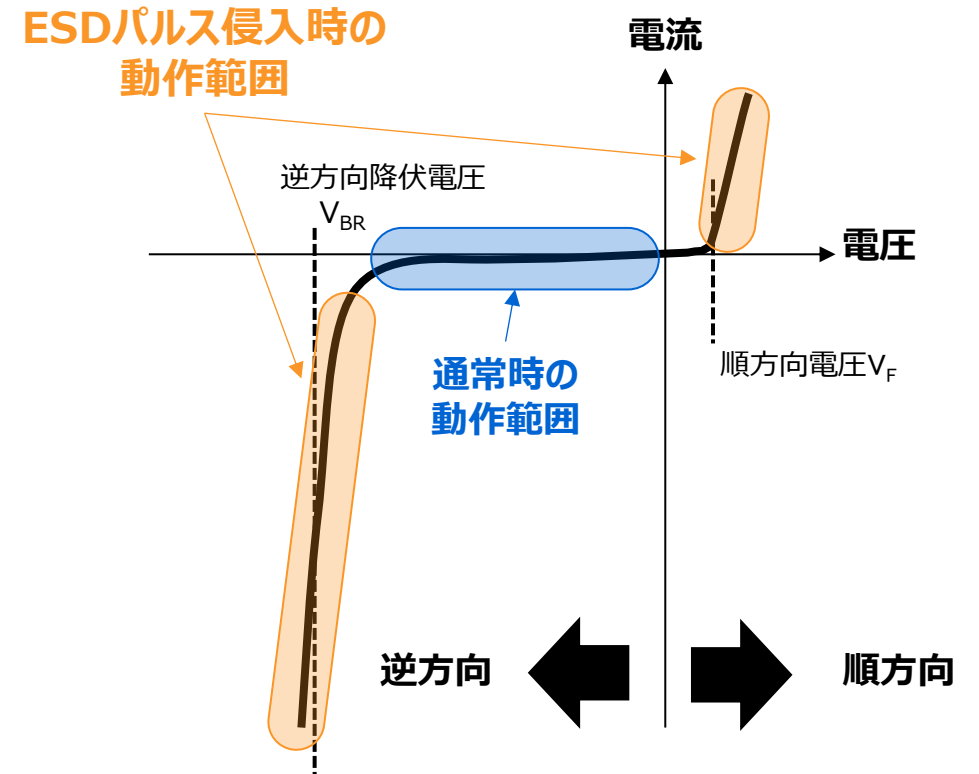
ESDが侵入していない時（機器にとって通常動作時）



ESD侵入時



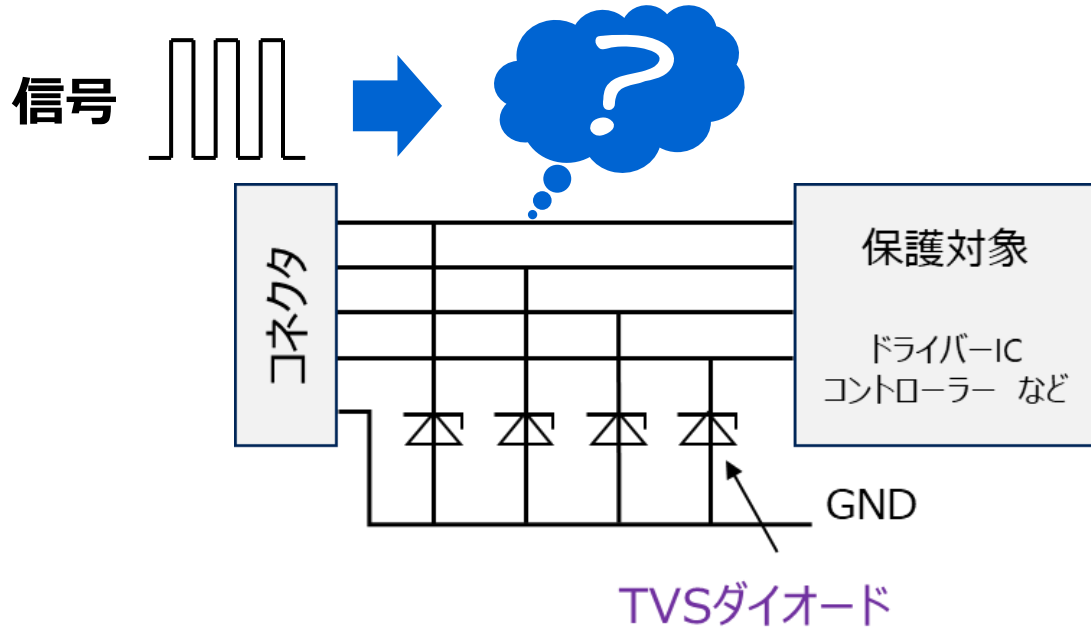
TVSダイオード 動作範囲



TVS : Transient Voltage Suppressor

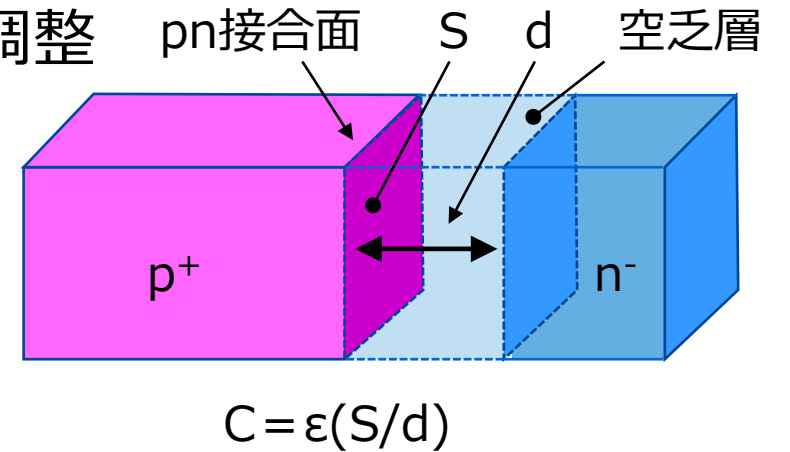
TVSダイオードのデバイスとしての工夫：低容量化

接合部や回路を調整し、信号ラインに見合った低容量化展開を行っています。

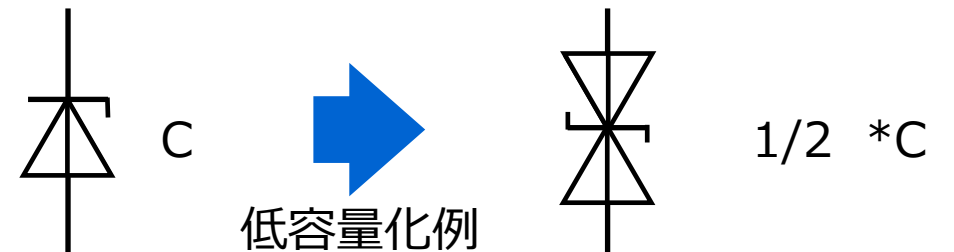


TVSダイオードにおける取組み

接合部の調整



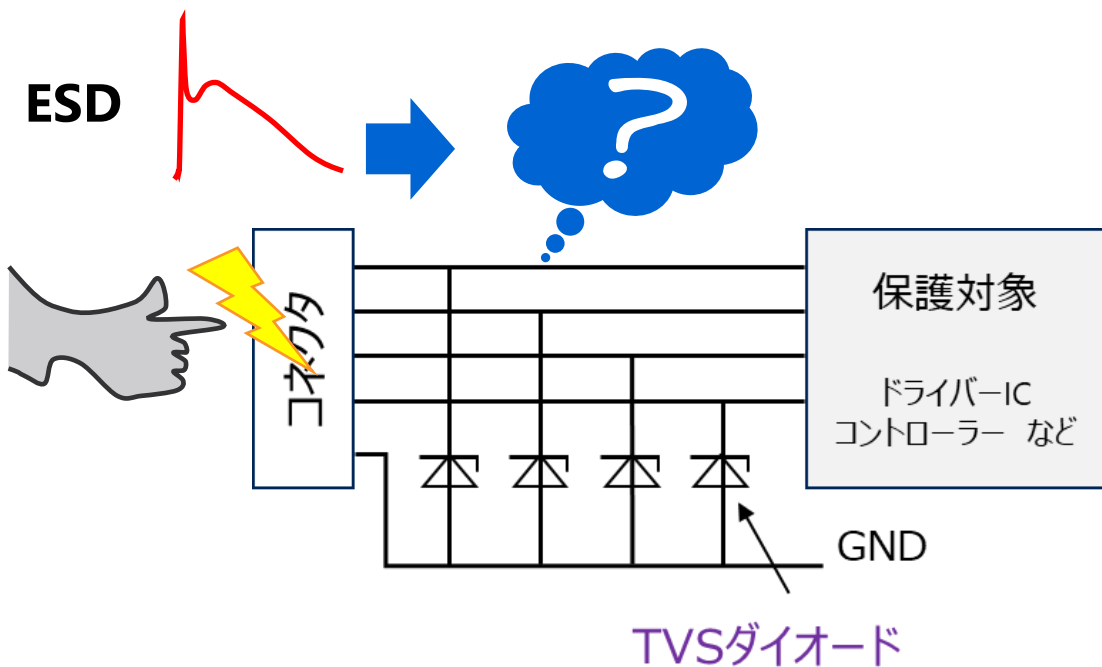
回路による調整



容量Ct	小	中	大

TVSダイオードのデバイスとしての工夫: 高保護性能化

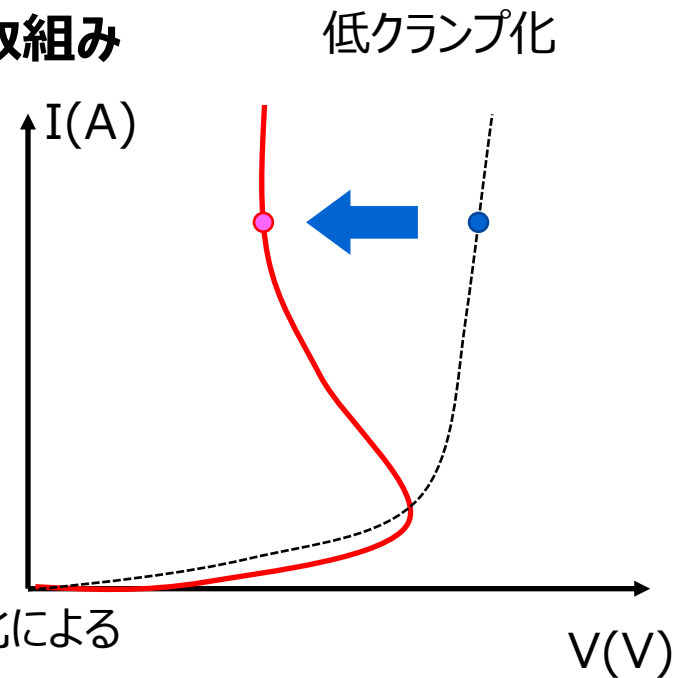
スナップバック動作の導入や過渡応答性改善し、高保護性能な製品展開を行っています。



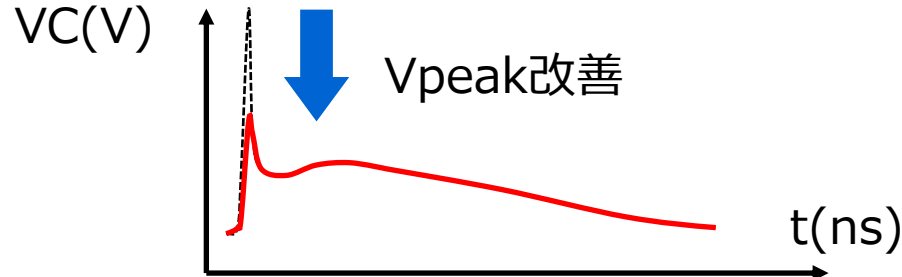
保護性能	高	中	低

TVSダイオードにおける取組み

スナップバック動作による
低クランプ電圧化



デバイスパラメーター最適化による
過渡応答性の改善



03

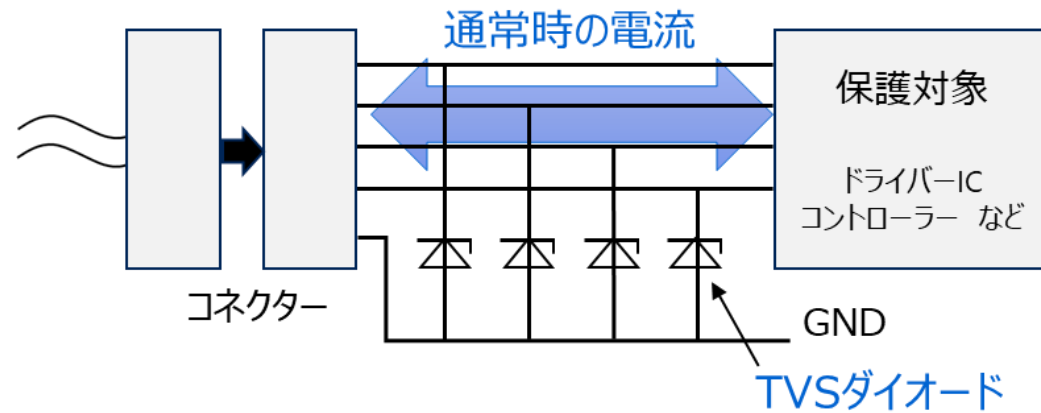
TVSダイオードの重要特性と評価手法

- 基本特性
- 保護性能特性

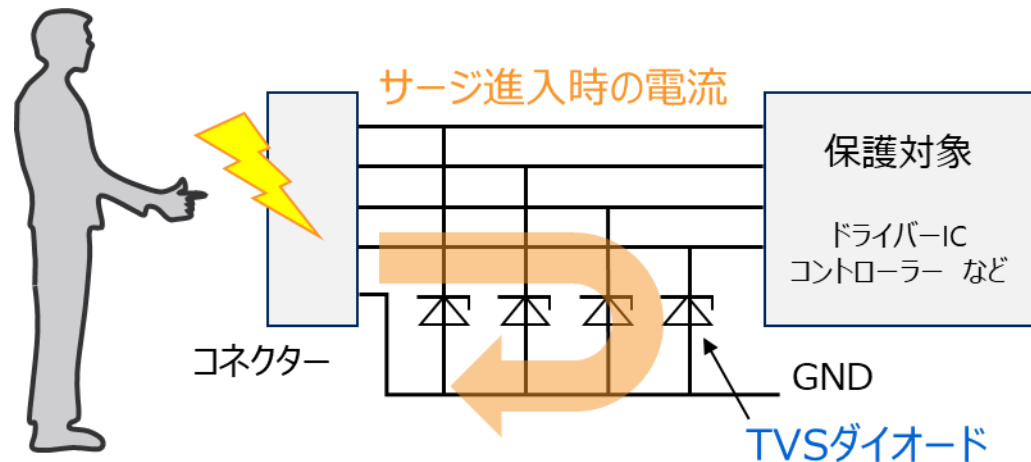
TVSダイオードの重要特性

それぞれの特性と評価系の例を紹介させていただきます。

ESDが侵入していない時（機器にとって通常動作時）



ESD侵入時



通常動作時に重要な
基本特性

- ① I-V特性
- ② 端子間容量特性

サージ印加時に重要な
保護性能特性

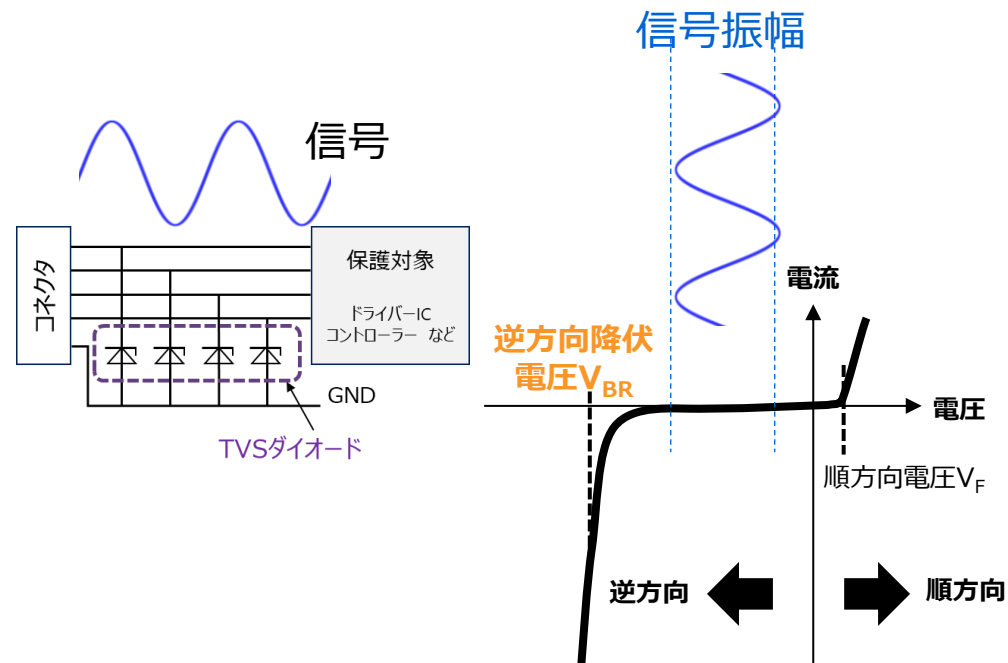
- ③ TLP I-V特性
- ④ EMC試験特性

EMC : Electro Magnetic Compatibility

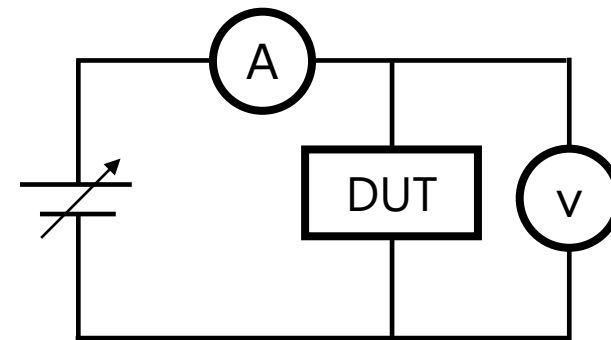
TVSダイオードの重要特性 ①I-V特性

①I-V特性

対象の信号レベルが検討製品の性能で問題ないかご確認ください。



評価系例



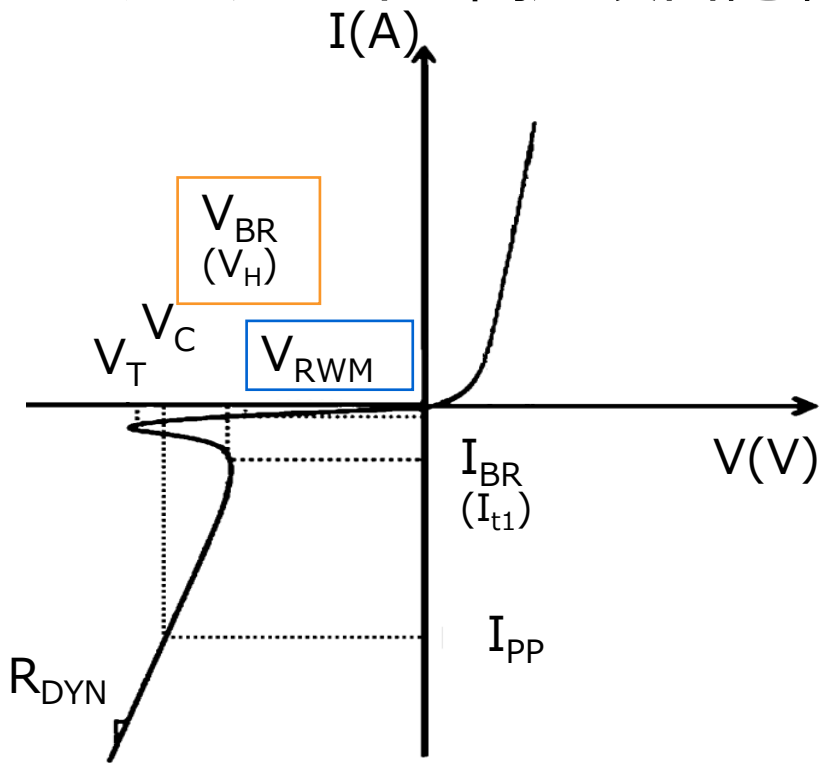
対象信号のハイレベル電圧よりも高い電圧を選ぶ必要があります

信号のハイレベル電圧が5Vの場合は、 V_{BR} (V_Z)が6.2Vや6.8V等の製品がお薦めです

TVSダイオードの重要特性 ①I-V特性

①I-V特性

データシートの関連項目記載例



項目	記号	注記	測定条件	最小	標準	最大	単位
ピーク逆動作電圧	V_{RWM}	(注1)	—	—	—	3.6	V
端子間容量	C_t		$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$	—	0.35	0.5	pF
ダイナミック抵抗	R_{DYN}	(注2)	—	—	0.3	—	Ω
逆方向降伏電圧	V_{BR}		$I_{BR} = 1\text{ mA}$	3.7	4.3	5.5	V
逆電流	I_R		$V_{RWM} = 3.6\text{ V}$	—	—	0.1	μA
クランプ電圧	V_C	(注3)	$I_{PP} = 1\text{ A}$	—	6	—	V
			$I_{PP} = 2\text{ A}$	—	8	15	V
		(注2)	$I_{TLP} = 16\text{ A}$	—	14	—	V
			$I_{TLP} = 30\text{ A}$	—	18	—	V

V_{RWM} 定義

- V_{RWM} : ピーク逆動作電圧 常温でTVSダイオードがブレイクダウンしない電圧
- V_{BR} : 逆方向降伏電圧 常温でTVSダイオードがブレイクダウンする電圧
(V_H) (ホールディング電圧)
- I_{BR} : 逆方向降伏電流
- (I_{t1}) (テスト電流)
- I_R : 逆電流
- V_C : クランプ電圧
- V_T : トリガー電圧
- I_{PP} : ピークパルス電流
- R_{DYN} : ダイナミック抵抗

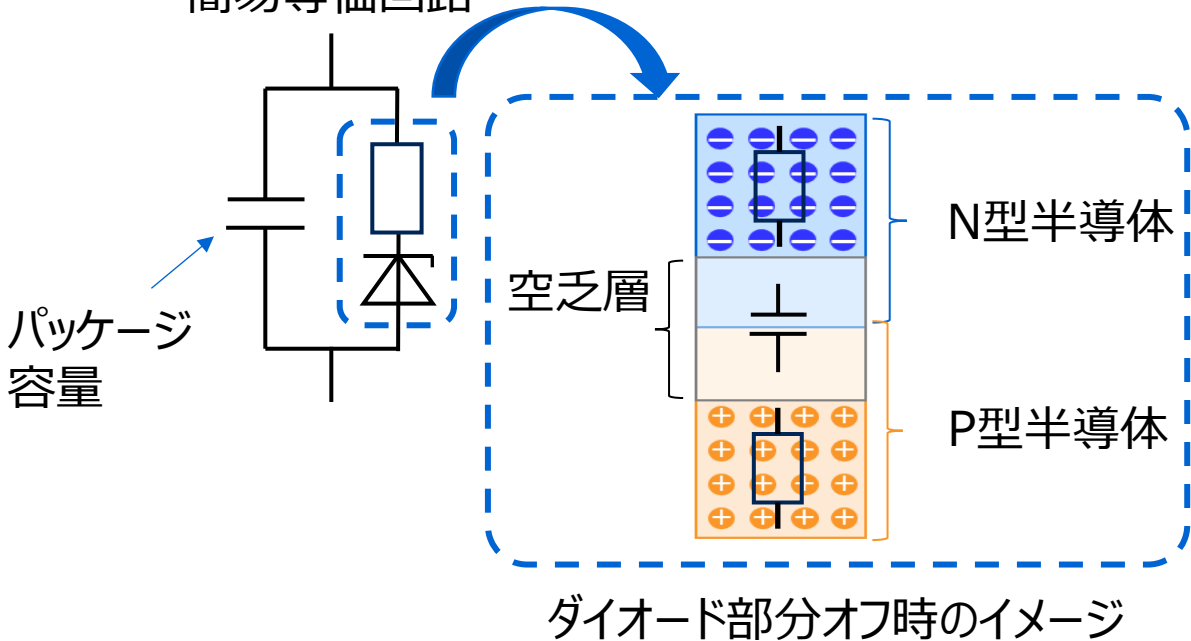
製品によってピーク逆動作電圧 V_{RWM} を定義しており
信号振幅の最大値が V_{RWM} 以下になるようにTVSダイオードを選択ください。

TVSダイオードの重要特性 ②端子間容量 C_T

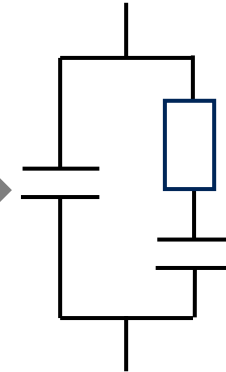
②端子間容量 C_T

TVSダイオードは容量性を持ちます。

TVSダイオード
簡易等価回路



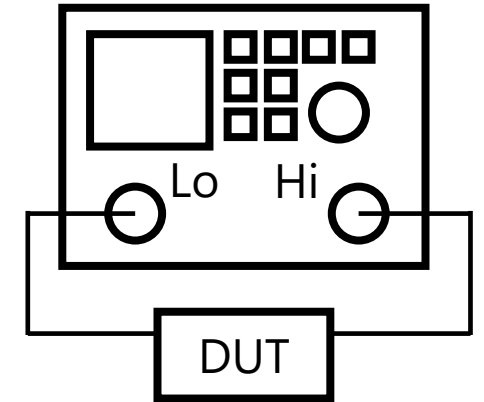
TVSダイオード
オフ時 簡易等価回路



周波数をダイナミックに確認する場合
ネットワークアナライザーを利用する場合があります。

評価系例

LCRメーター



空乏層によってコンデンサーとして働きます

TVSダイオードの重要特性 ②端子間容量 C_T 評価結果例

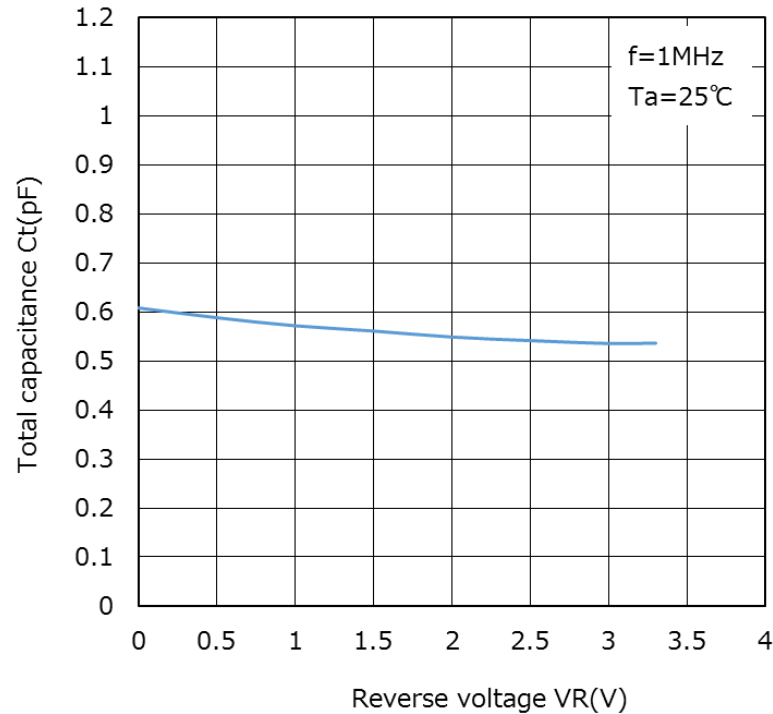
②端子間容量 C_T

印加される電圧によって端子間容量も変化します。

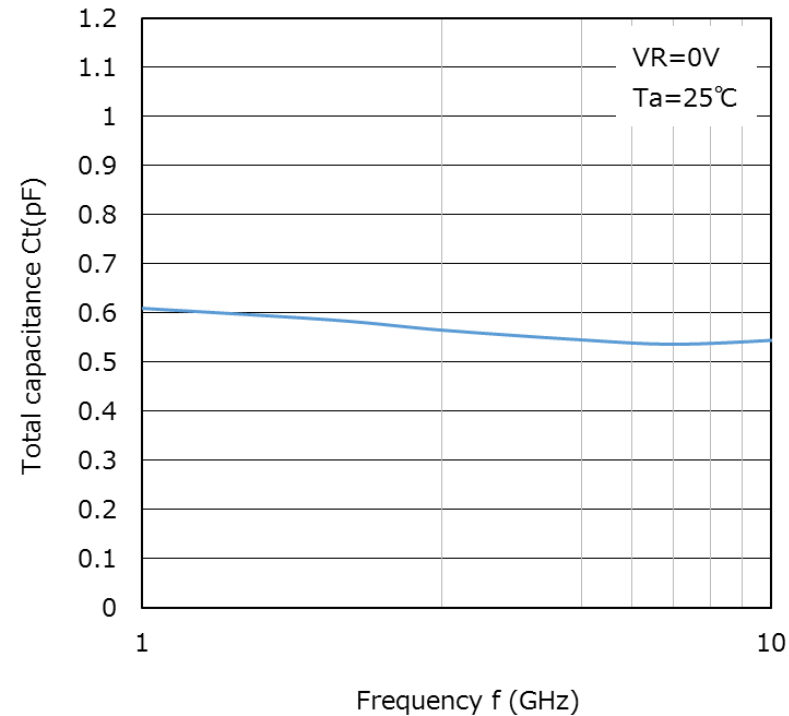
また $C_t - f$ ではご検討中の信号周波数での C_t 実力が確認できます。

Reference

■ C_t -V波形



■ C_t -f波形



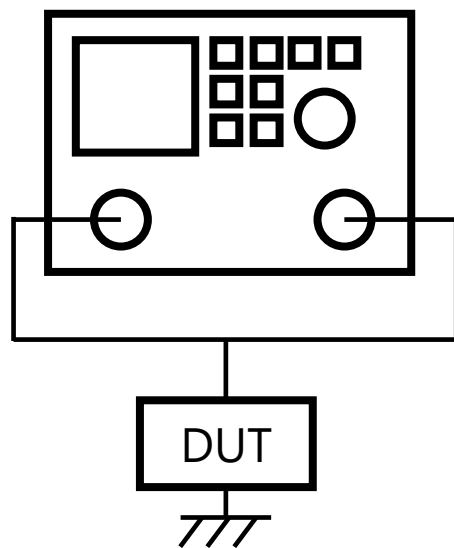
TVSダイオードの重要特性 ②端子間容量 C_T 関連評価例

挿入損失S21

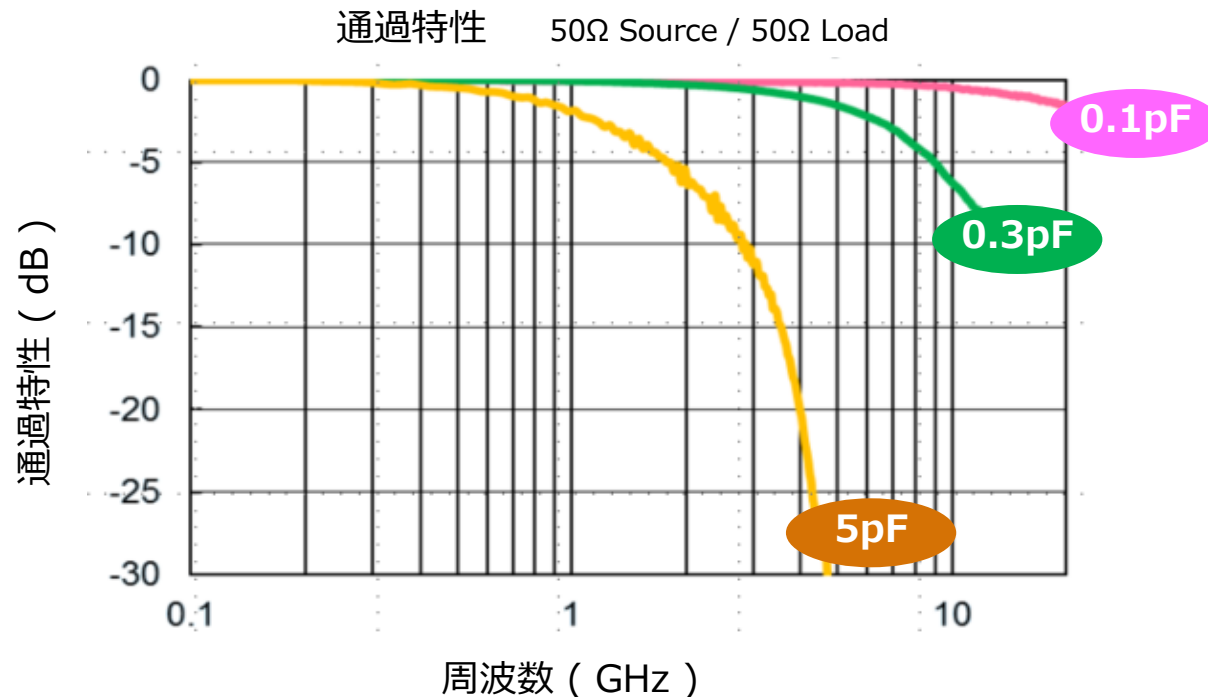
Reference

評価系例

ネットワークアナライザ



TVSダイオードの端子間容量と挿入損失



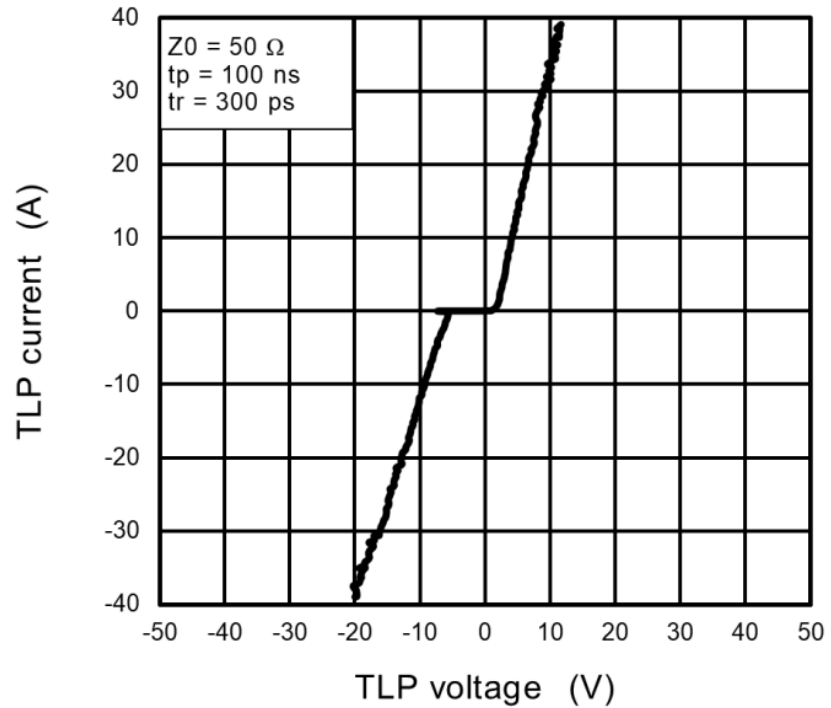
信号ラインの周波数に対し、信号ロスが問題ない事を確認いただく評価です。

TVSダイオードの重要特性 ③ TLP I-V

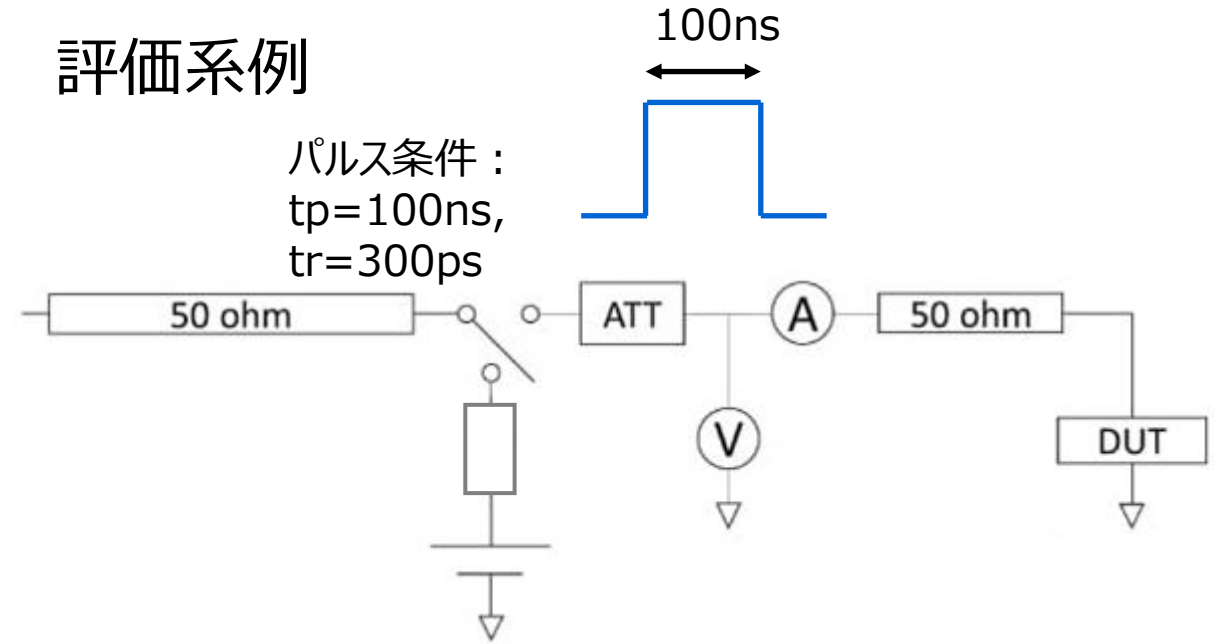
③ TLP試験※

静電気印加を想定し、製品動作を電流、電圧で表す試験方法です。

Reference



評価系例



※Transmission Line Pulse

DCによるI-V特性と比べ短パルスによる測定なので
より高電流における動作が確認できます。

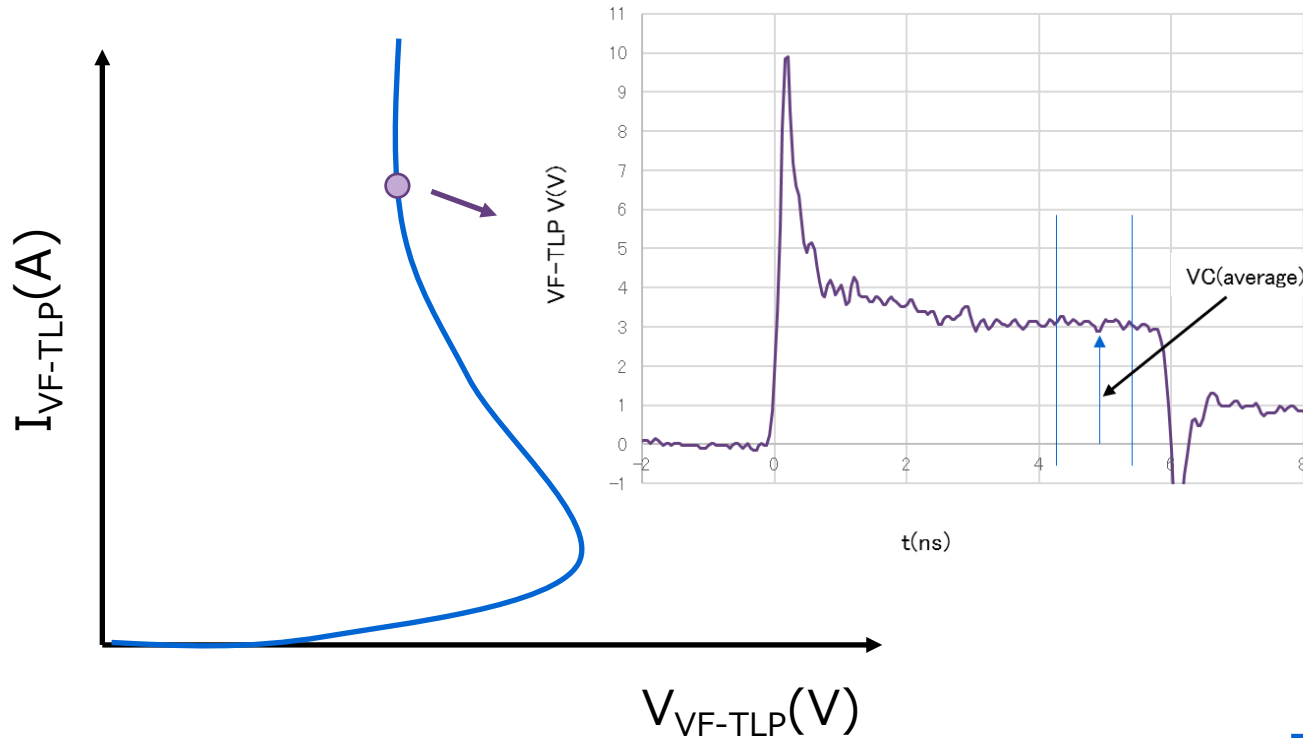
TVSダイオードの重要特性 ③ TLP I-V (より過渡的な応答特性の確認)

VF-TLP試験※

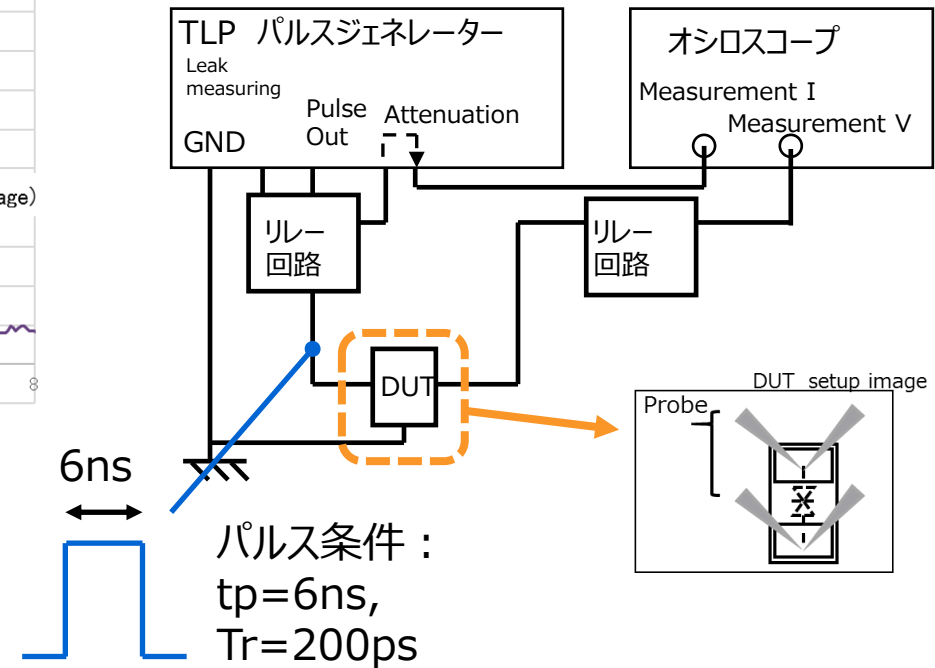
※Very Fast Transmission Line Pulse

Reference

TLP試験よりもさらに短いパルスによって動作確認する試験です。



評価系例



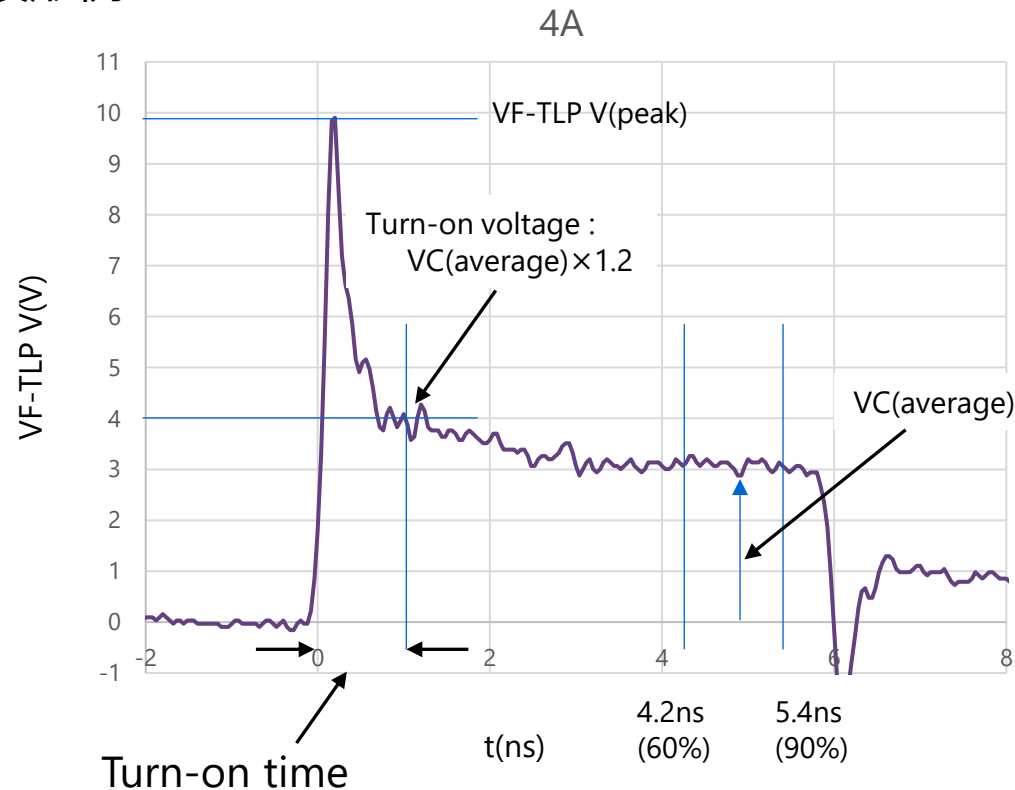
I-V特性による性能確認はもちろん、より過渡領域の動作が確認できる評価です。

VF-TLP試験におけるTVSダイオードの過渡応答性確認例

Turn-on時間特性

Reference

波形例



保護動作が開始されるタイミングを確認することができます。

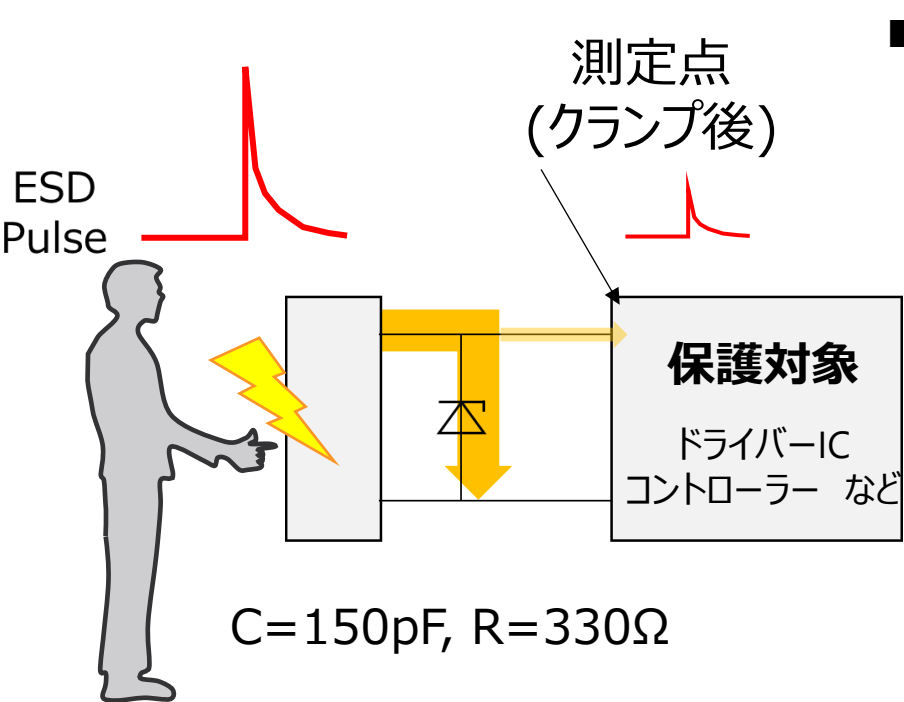
TVSダイオードの重要特性 ④EMC試験特性

④EMC※試験特性 IEC61000-4-2

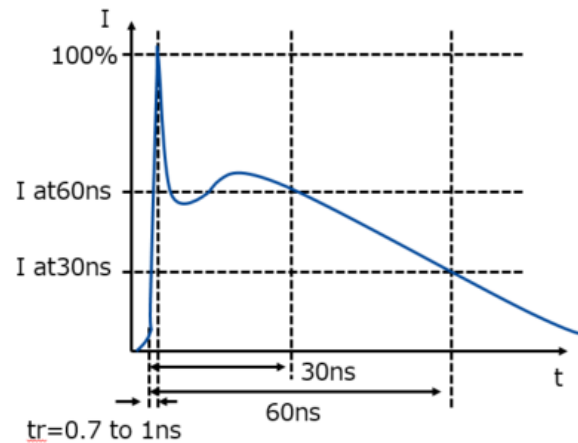
※EMC : Electro Magnetic Compatibility

人から放電を想定したESD印加試験です。

電荷蓄積コンデンサー(C)と放電抵抗(R)にて試験を行います。

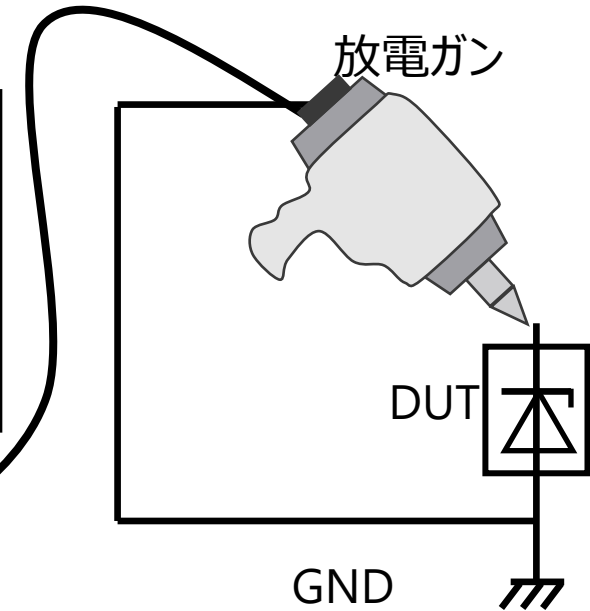
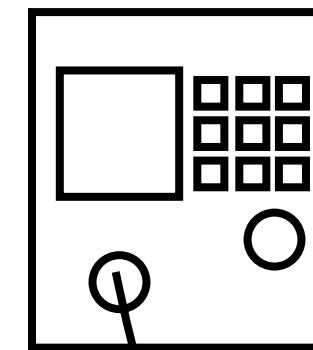


■放電波形



■試験概要

静電気試験器

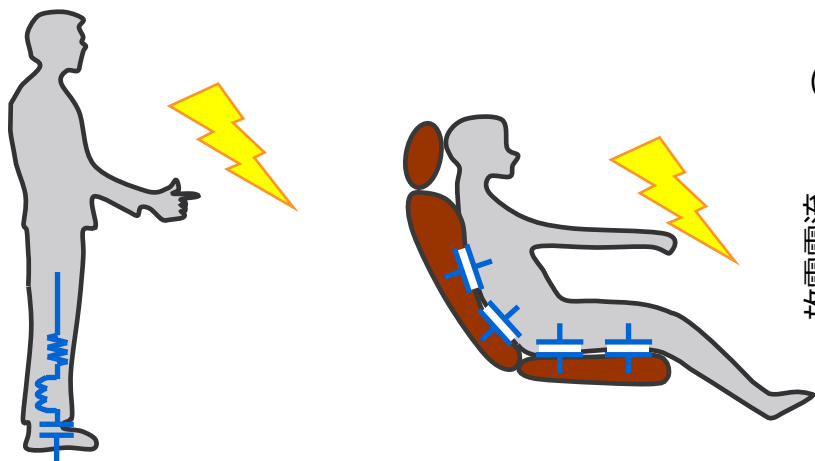


TVSダイオードにサージパルスを印加することで吸収動作、またはESD耐量を確認する試験です。

TVSダイオードの重要特性 ④EMC試験特性

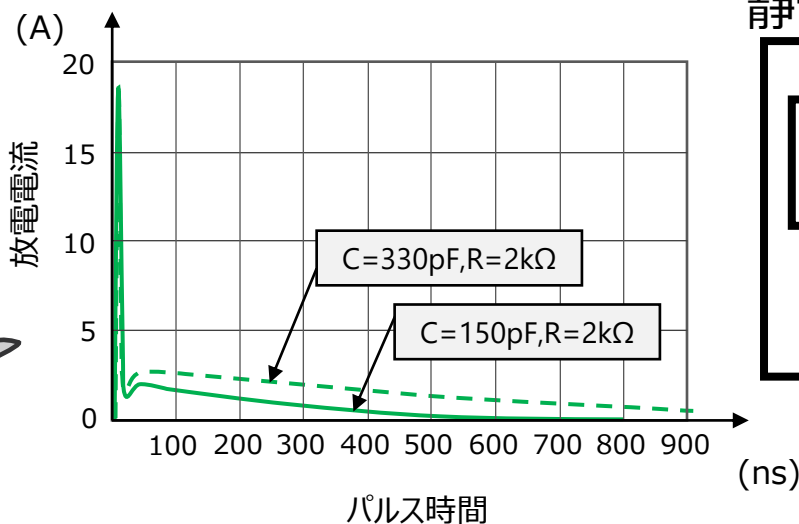
④EMC試験特性 ISO10605

車載の外または中の人からの放電を想定したESD印加試験です。
電荷蓄積コンデンサー(C)と放電抵抗(R)にて試験を行います。



車の外の人または、車の中の人を想定
 $C=150\text{pF}$ or 330pF 、 $R=2\text{k}\Omega$

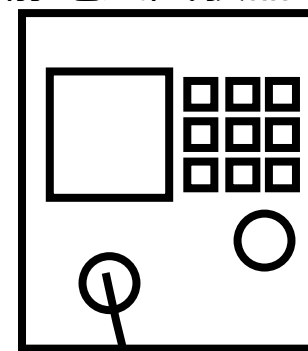
■放電波形



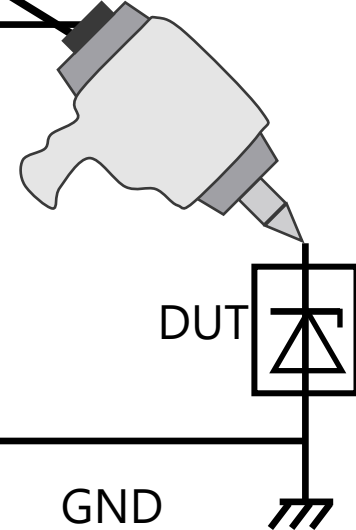
※波形例) 5kV印加時

■試験概要

静電気試験器



放電ガン



IEC61000-4-2同様吸収動作、またはESD耐量を確認する試験です。

04

ESD設計にあたっての実用例

- 基本性能確認
- 保護性能確認

- その他確認事項紹介

下記それぞれの特性を確認いただくことで最適な製品を選択いただけます。

基本特性

① I-V特性確認

信号電圧、信号極性の確認

② 端子間容量 C_t 確認

各信号ラインと端子間容量 C_T 選択の目安
その他参考データ紹介

保護性能

③ TLP特性確認

I-V特性における比較例のご紹介

④ EMC試験特性確認

EMC印加における比較例のご紹介
過渡応答に訴求したシミュレーションモデルのご紹介

その他

レイアウト上の注意点

東芝Webサイトのご紹介

I-V特性による確認

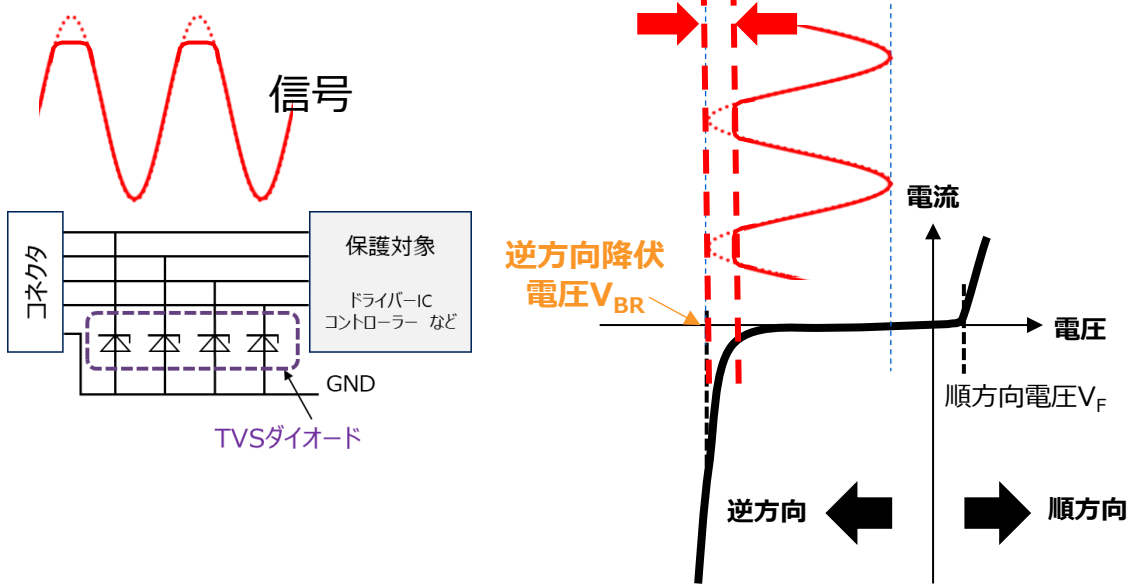
データシートをご参考にご検討ください。

■ V_{BR} によって信号が歪みがないものを選択

I-V特性による影響を受けないよう
ご確認ください。

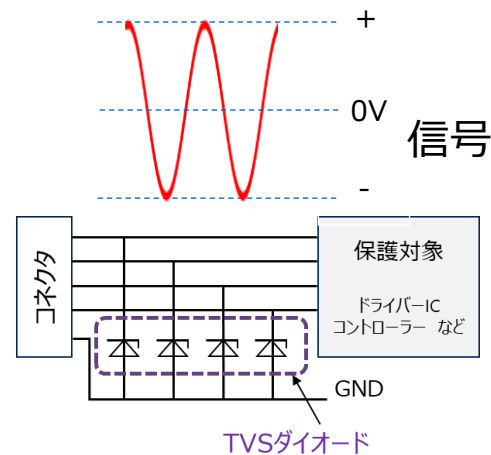
リーク電流で
波形が歪む

適切な V_{BR} 製品を選ばないと・・・信号振幅

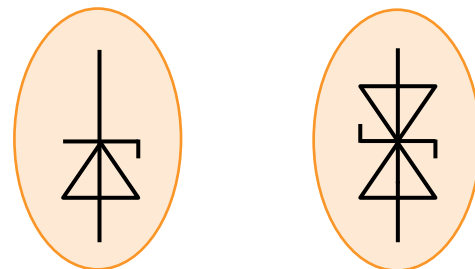


■ 信号による製品極性の選択

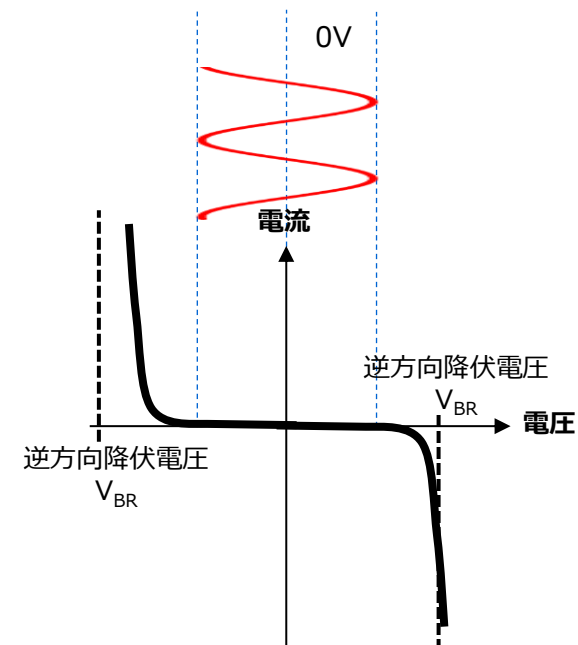
GND中心で振れるアナログ信号などの場合
双方向製品をご利用ください。



単方向タイプ 双方向タイプ

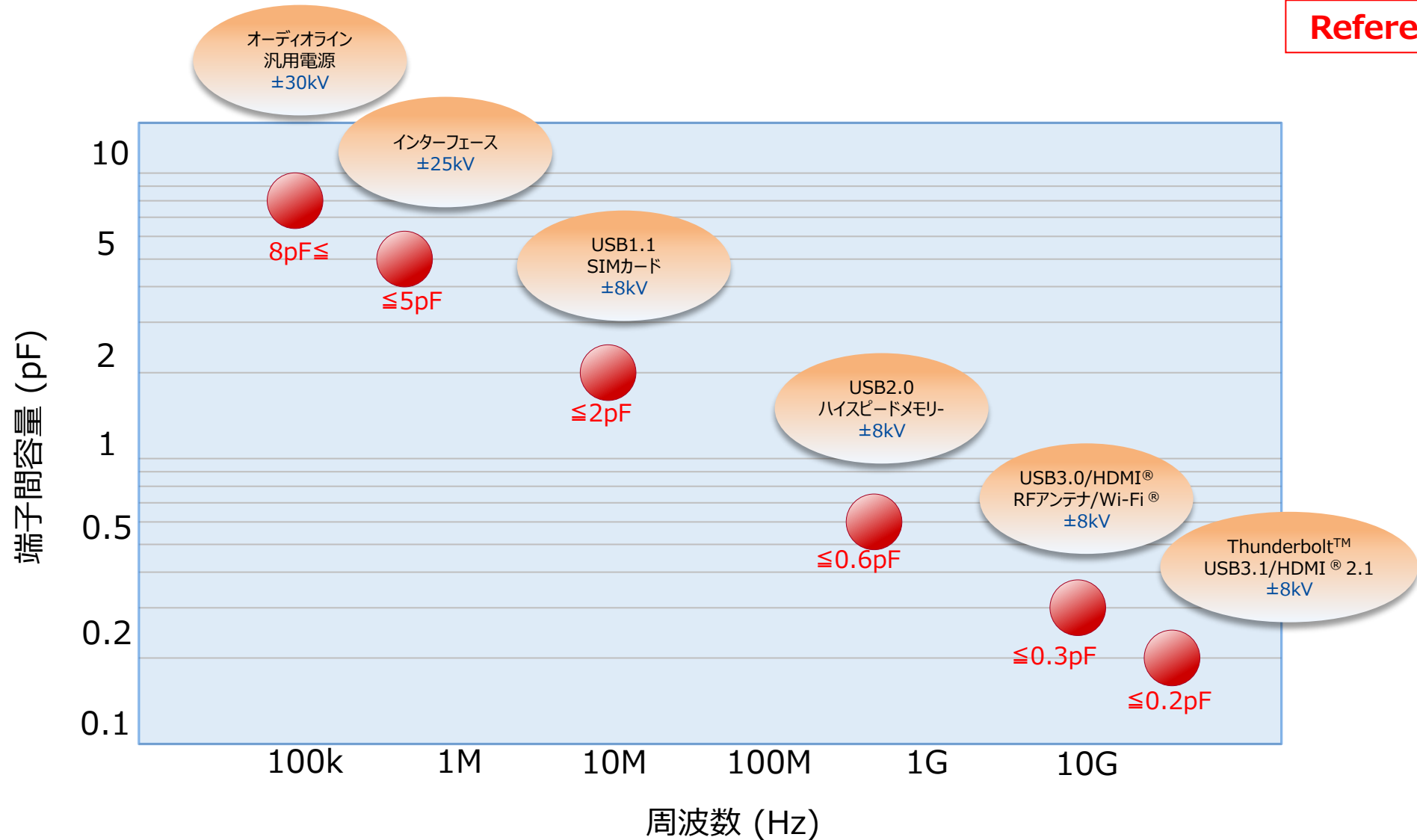


双方向タイプ I-V特性



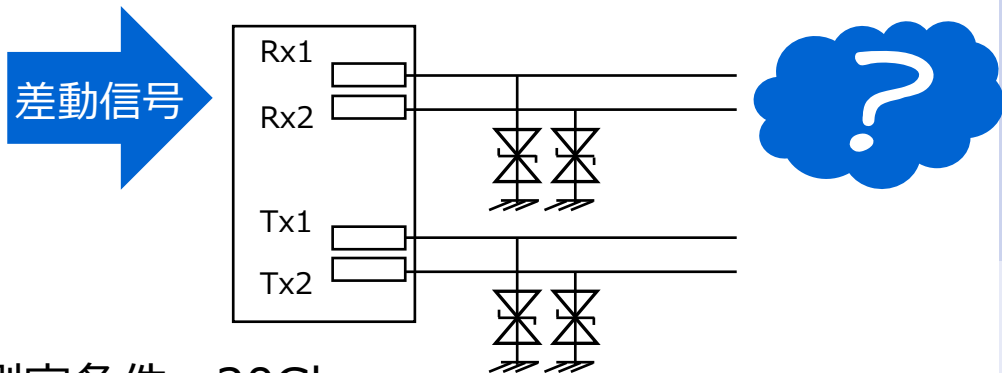
各信号ラインとTVSダイオードの端子間容量 C_T 選択の目安

Reference

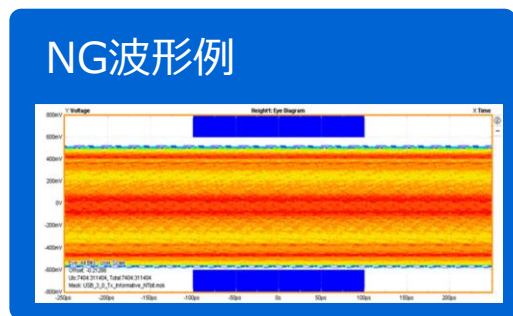
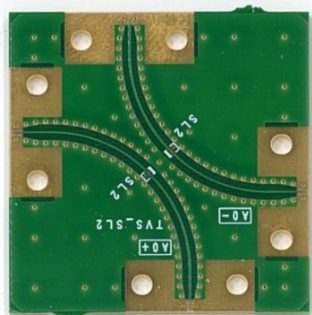


高速信号ライン向け製品評価紹介 eyeパターン

■ 差動信号ラインにおけるTVSダイオード配置例 (USB3.1等のRx、Txライン)



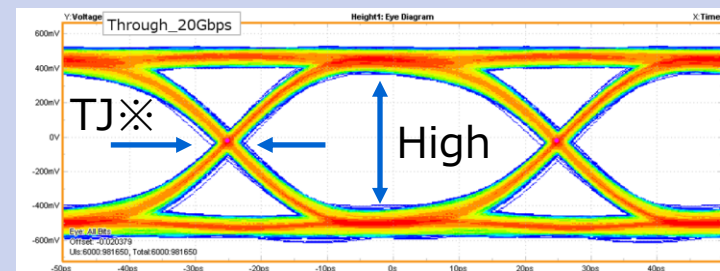
測定条件：20Gbps、
Ta=25°C、Vcc=3.3v PRBS-7、1000mV
評価基板



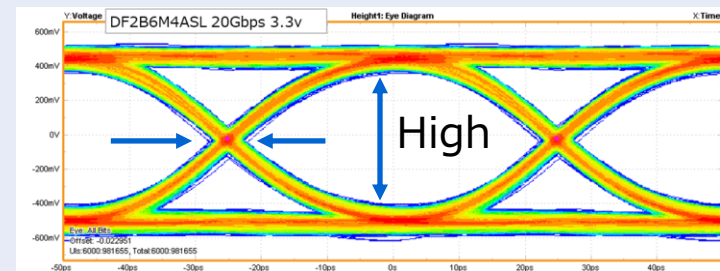
Through基板

eyeパターンデータ例

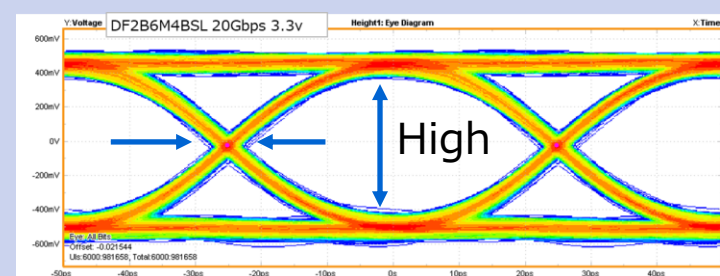
Reference



DF2B6M4ASL
(0.15pF, 5.5V)



DF2B6M4BSL
(0.12pF, 5.5V)



本条件に対し
Throughデータ
との比較で影響
が少ない結果が
得られています。

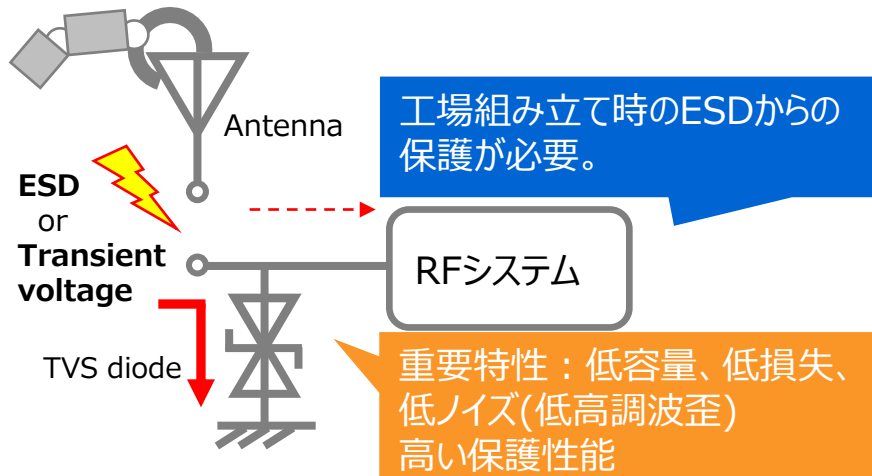
※Jitter Time

高速インターフェース用にはこのようなデータも取得しており、ご参考ください。

その他 アンテナライン保護用製品評価紹介

■ 用途

ESD源例:組み立て時におけるESD保護

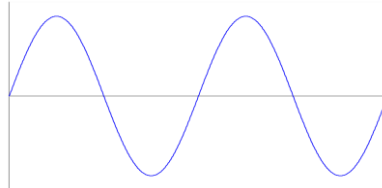


■ アンテナ保護用素子の特長

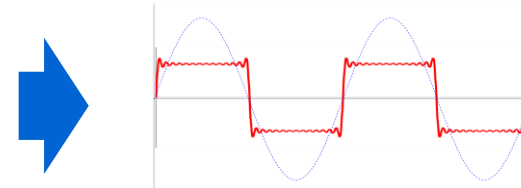
	静電容量(pF)		特徴
	1以下	1以上	
TVSダイオード (ESD保護用ダイオード)	○	○	アンテナ保護にも使用できるレベルまで低容量化が促進。保護性能(Vpeak)が比較的良い。
ESDサプレッサ (スパークギャップタイプ)	○		容量性が低い点より、現行アンテナ保護用に使われている。

■ 高調波歪

基本波:きれいな正弦波

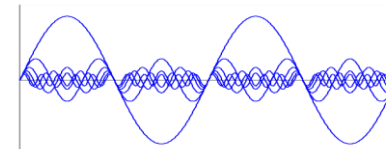


素子によってひずんだ波形



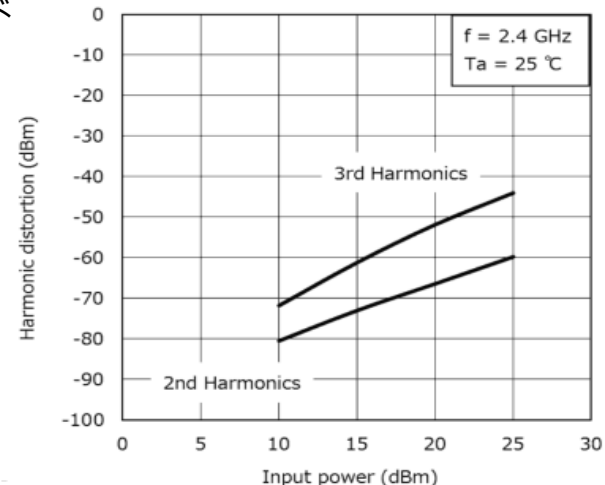
Reference

歪波形は高調波の合成



■ TVSダイオード参考データ

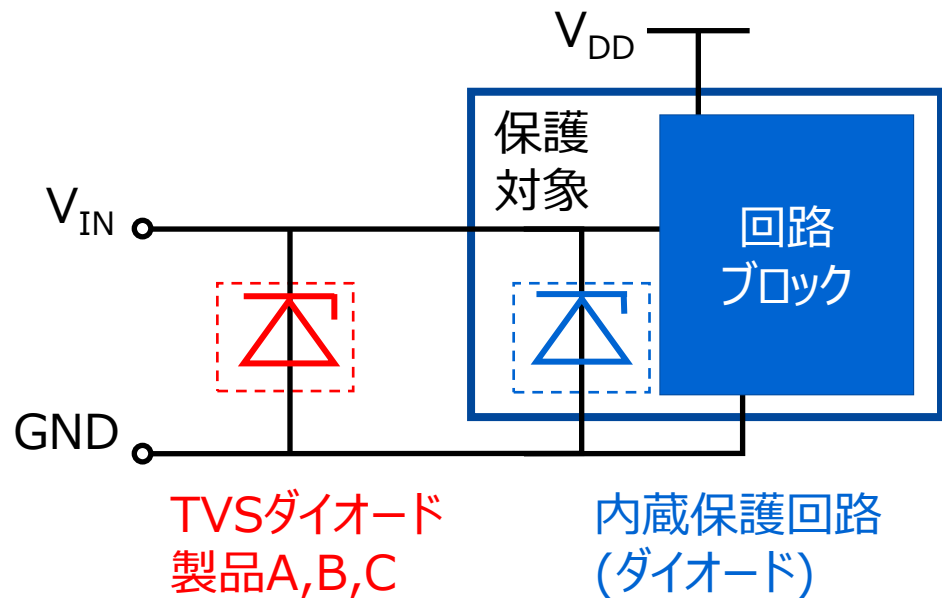
低容量TVSダイオード
DF2B6M4BSL



アンテナライン保護向けは高調波歪についても考慮する必要があります。

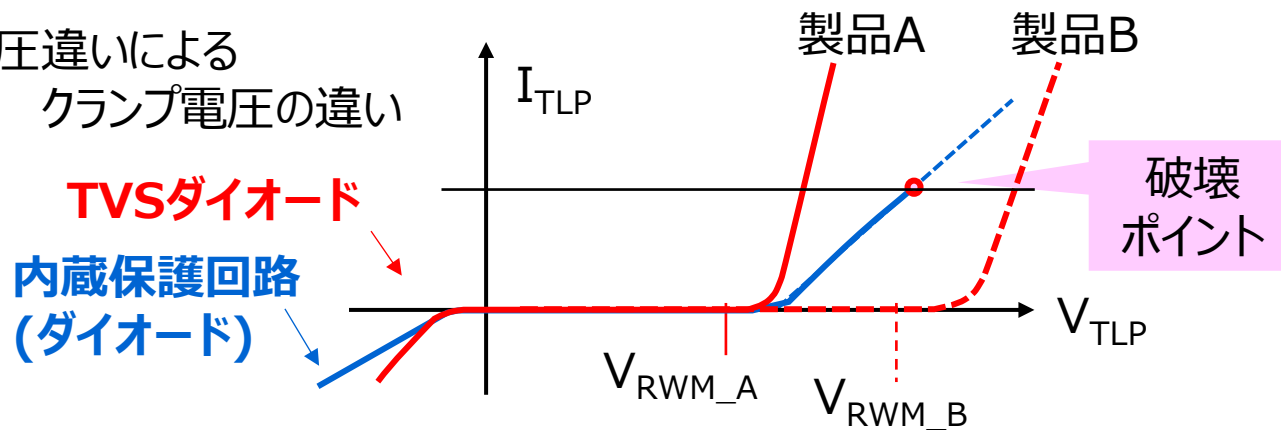
TLP I-V特性を利用した保護性能比較例

■TVSダイオードと保護対象の内蔵保護回路

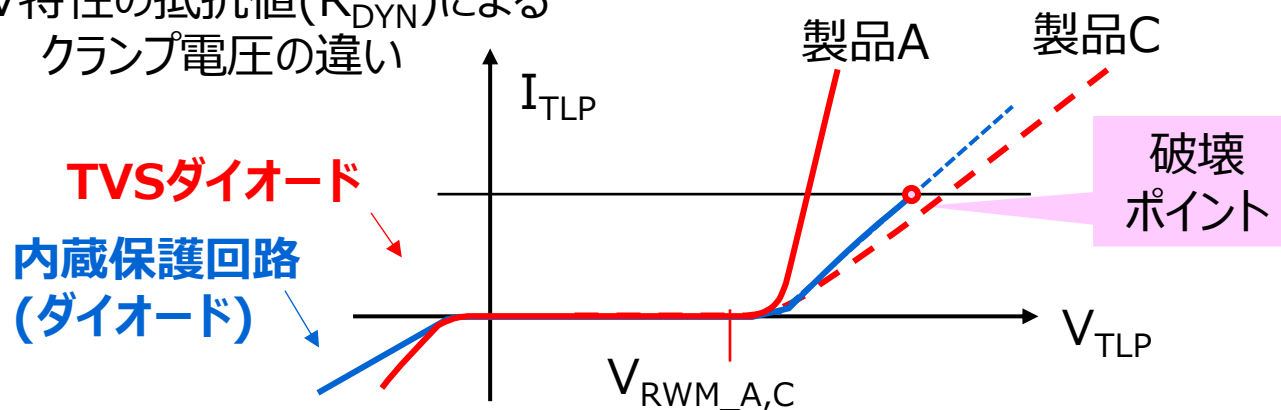


■TLP I-V特性比較の例

電圧違いによる
クランプ電圧の違い



I-V特性の抵抗値(R_{DYN})による
クランプ電圧の違い



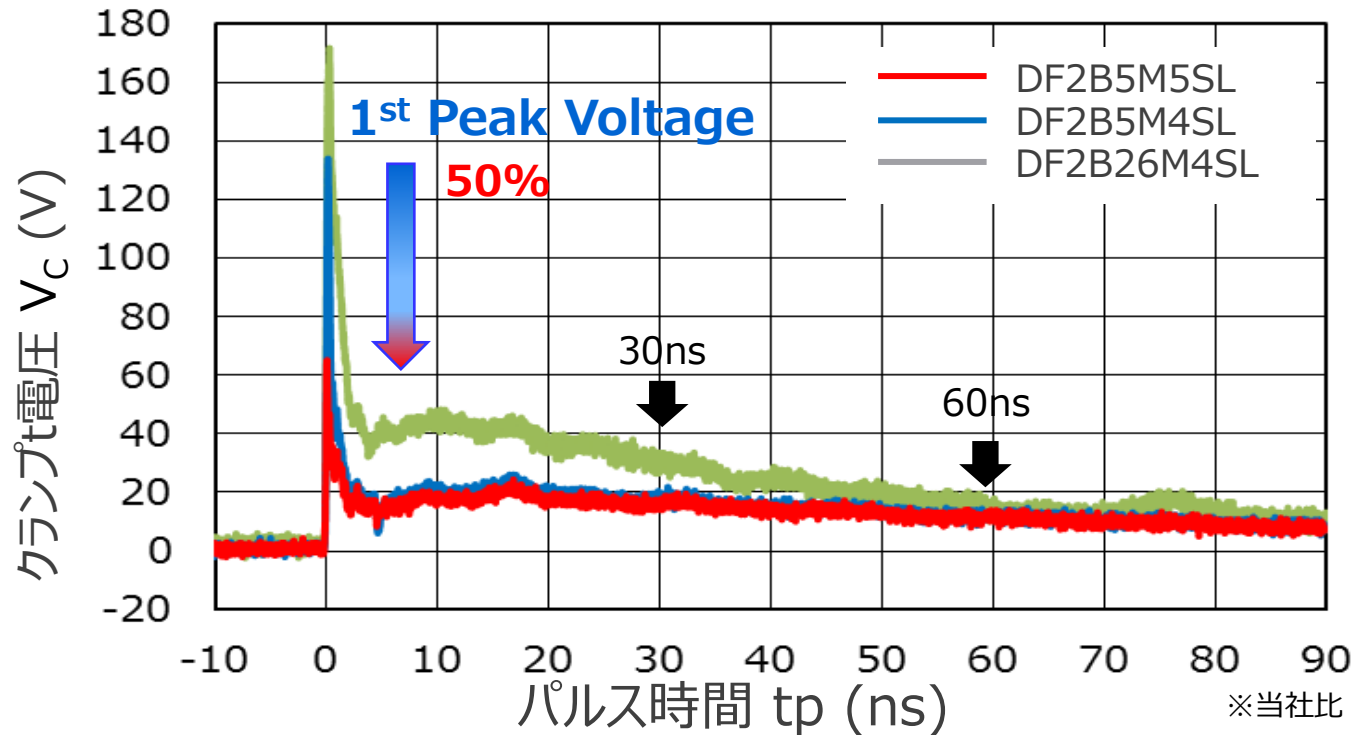
保護対象のTLP I-V特性もご参考に適正な製品をお選びください。

EMC試験特性による比較確認

IEC61000-4-2(150pF,330Ω)条件における クランプ電圧波形例

Reference

TVSダイオードによって制限された電圧で、サージパルス吸収性能を示します







クランプ波形の電圧、および総面積が小さいほど、対象へのダメージが抑制されます

TVSダイオード シミュレーションモデルのご紹介

一部フィッティングしたモデルをWeb公開中です。ご参考ください。

Web公開状況

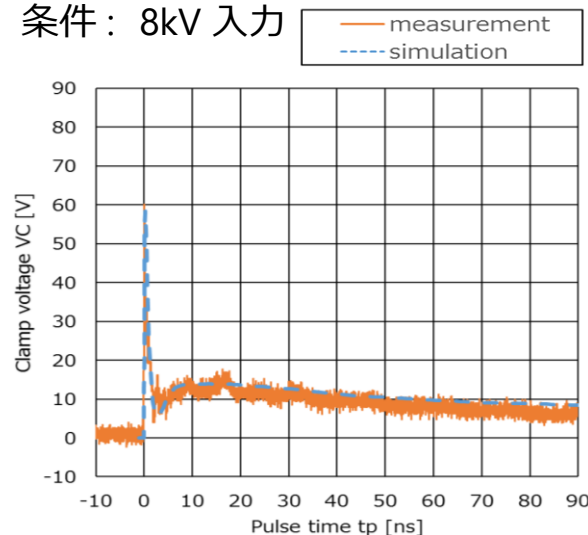
品番 データシート		PSpice	製品概要
<input type="checkbox"/>	DF2B5BSL		Bidirectional TVS Diode (ESD Protection Diode), +/-3.3 V, SOD-962(SL2)
<input type="checkbox"/>	DF2B5M4ASL		Bidirectional TVS Diode (ESD Protection Diode), +/-3.6 V, SOD-962(SL2)
<input type="checkbox"/>	DF2B5M4SL		Bidirectional TVS Diode (ESD Protection Diode), +/-3.6 V, SOD-962(SL2)
<input type="checkbox"/>	DF2B5M5SL		Bidirectional TVS Diode (ESD Protection Diode), +/-3.3 V, SOD-962(SL2)

端子間容量、一部電圧性能を再現したシミュレーションモデルを公開中。

さらにご参考になるモデルとして

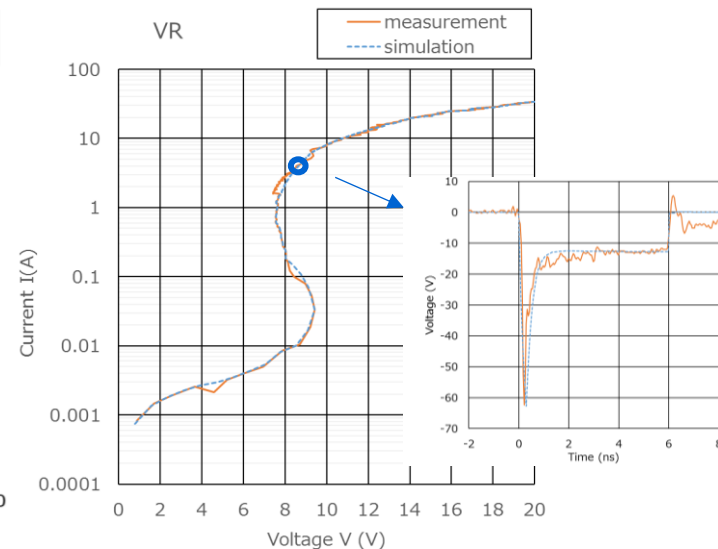
過渡応答性能をフィッティングしたモデルのご紹介

IEC61000-4-2条件フィッティングモデル
製品: DF2S5M5SL
条件: 8kV 入力



Reference

VF-TLP(6ns)フィッティングモデル
製品: DF2S5M5SL

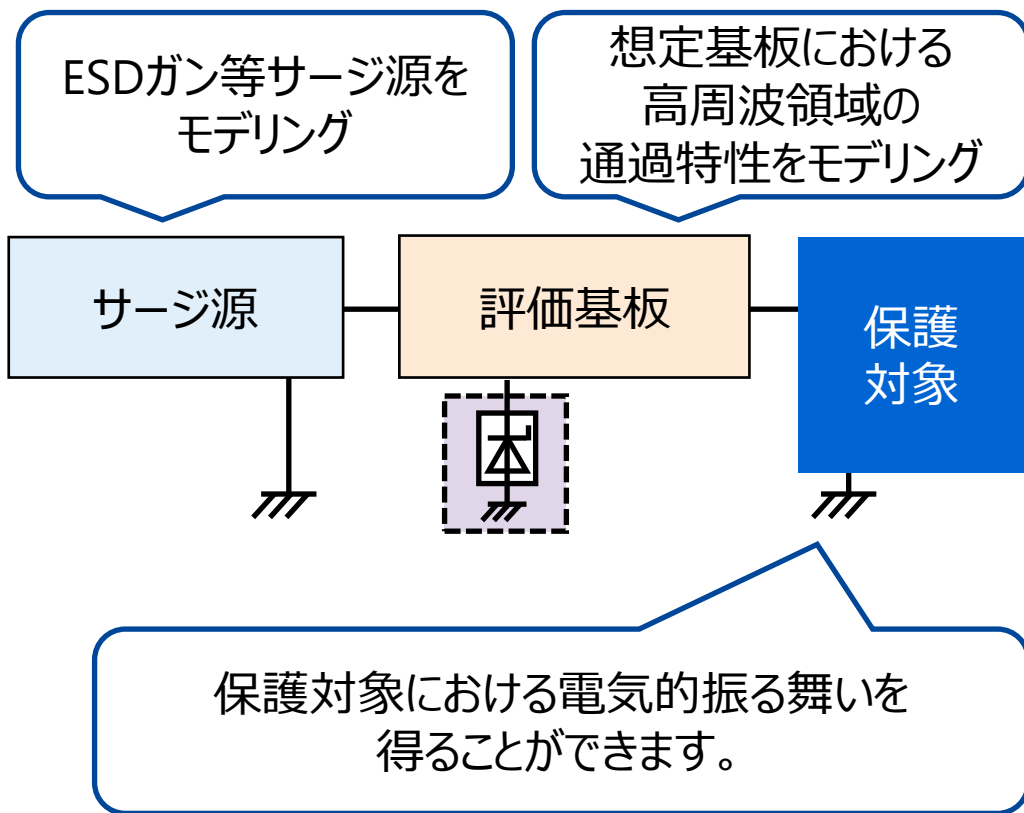


今後Web公開を目指しモデル検討中。

対応可能製品は限定的ですがご興味ある方はお問い合わせください。

過渡応答性能再現モデルの利用例

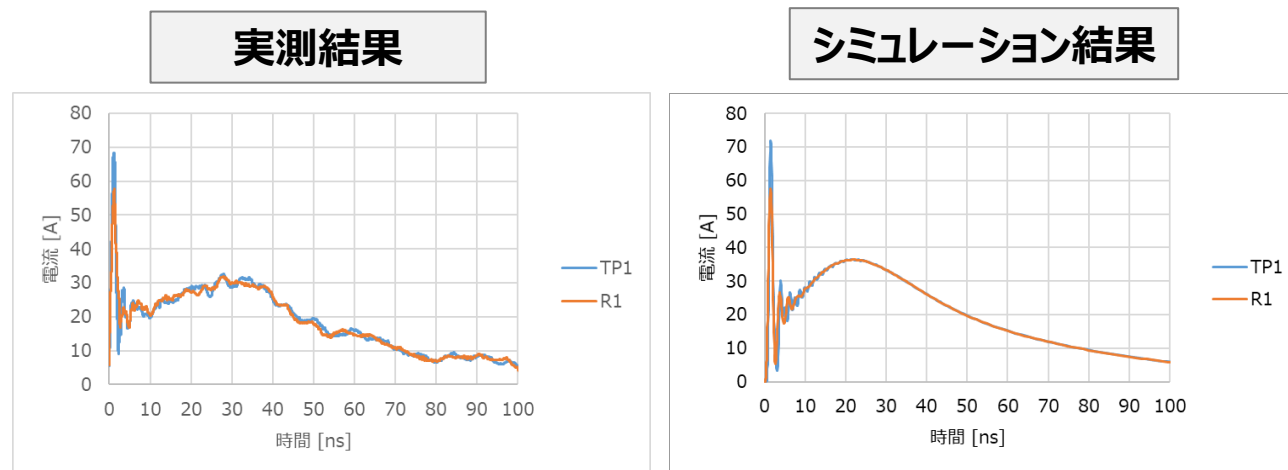
サージ源と評価基板をモデリングすることで対象の電氣的振る舞いを想定できます。



Reference

モデリング例

サージ源、基板モデルを利用した実測結果との波形比較

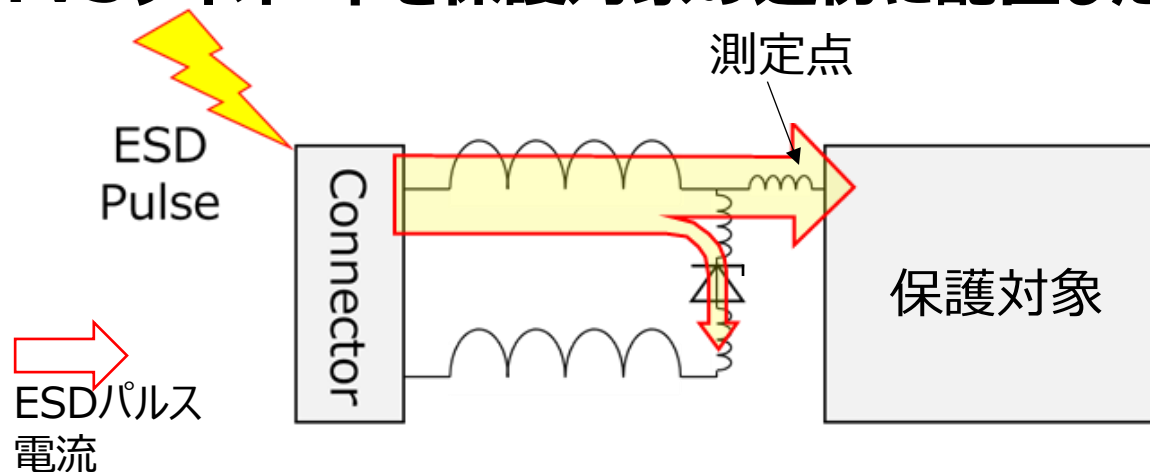


(TVSダイオードを利用した検証結果ではありません。)

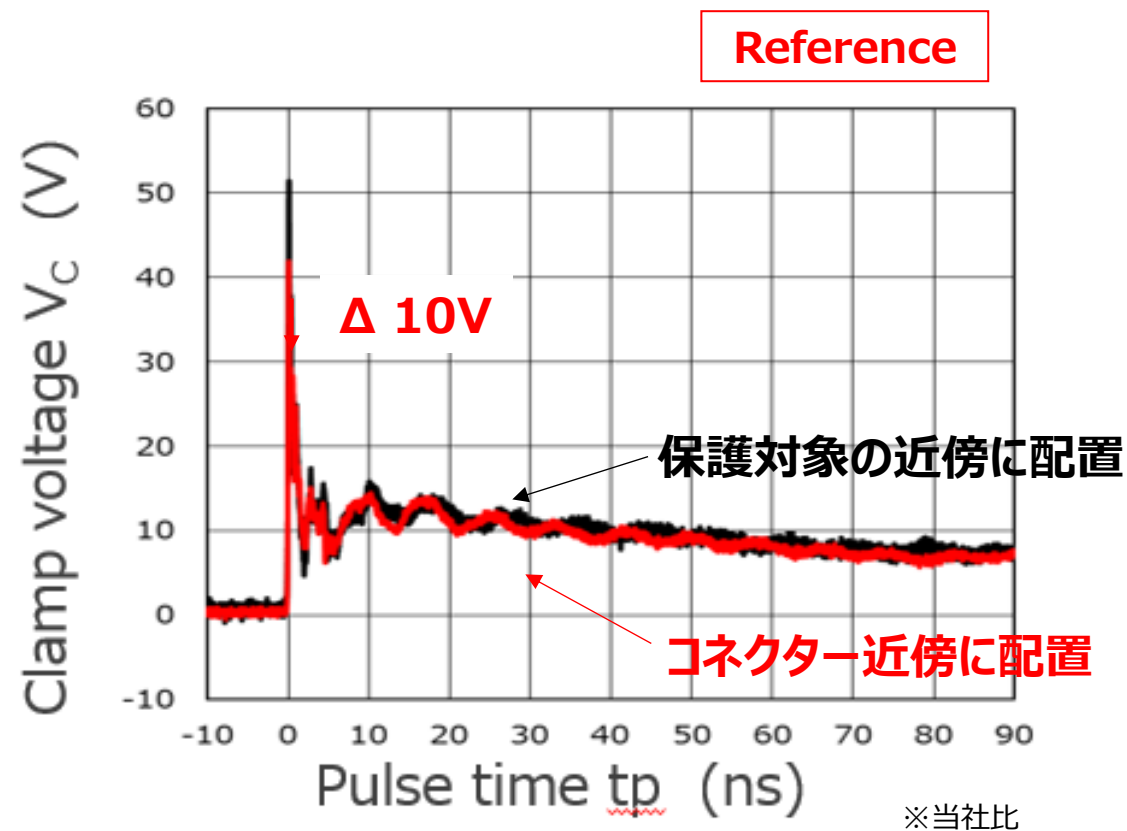
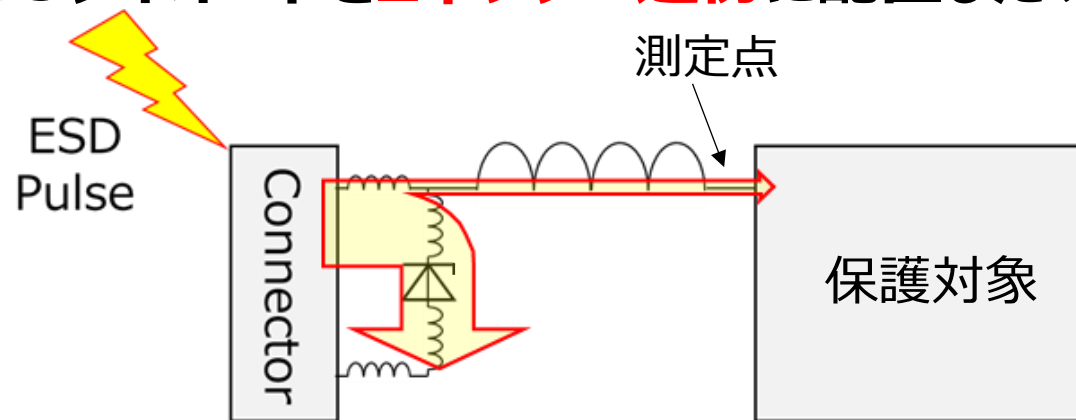
TVSダイオード レイアウト上の注意点

ESD対策はTVSダイオードの配置の仕方によって保護性能が変わります

TVSダイオードを保護対象の近傍に配置した場合



TVSダイオードをコネクタ近傍に配置した場合

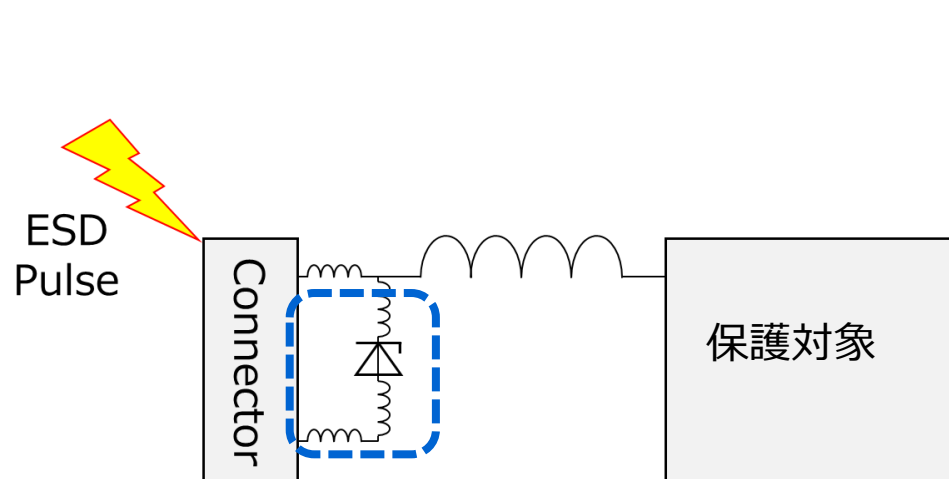


※ 過渡的領域のESDパルスエネルギー通電イメージ

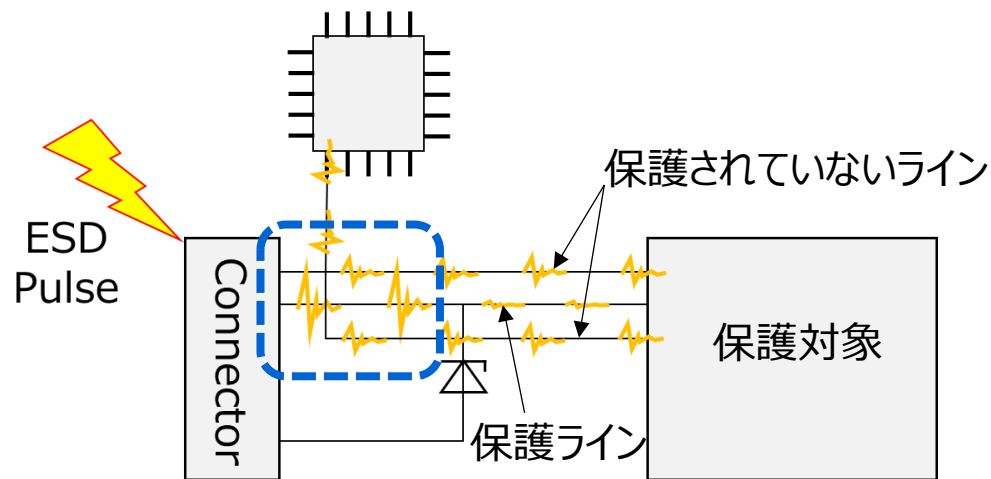
TVSダイオード レイアウト上の注意点

注意点

- 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。



コネクタ近傍に配置



保護済/未保護ラインを並走させない

当社ホームページ上のクイックサーチで製品選択が可能です

TVSダイオード(ESD保護ダイオード) のページ

クイックサーチ

パッケージサーチ

クロスリファレンスサーチ

③信号の速度
 C_T 選択

①信号ラインの電圧
 V_{RWM} 選択

③信号の速度
USB3.0など
信号規格

C_T (Typ.) (pF)

0.1 - 600

ピーク逆動作電圧 V_{RWM} (Max) (V)

すべて

保護ライン

1

2

4

静電気耐量 (IEC61000-4-2準拠)
(Max) (kV)

すべて

用途

すべて

パッケージ名

すべて

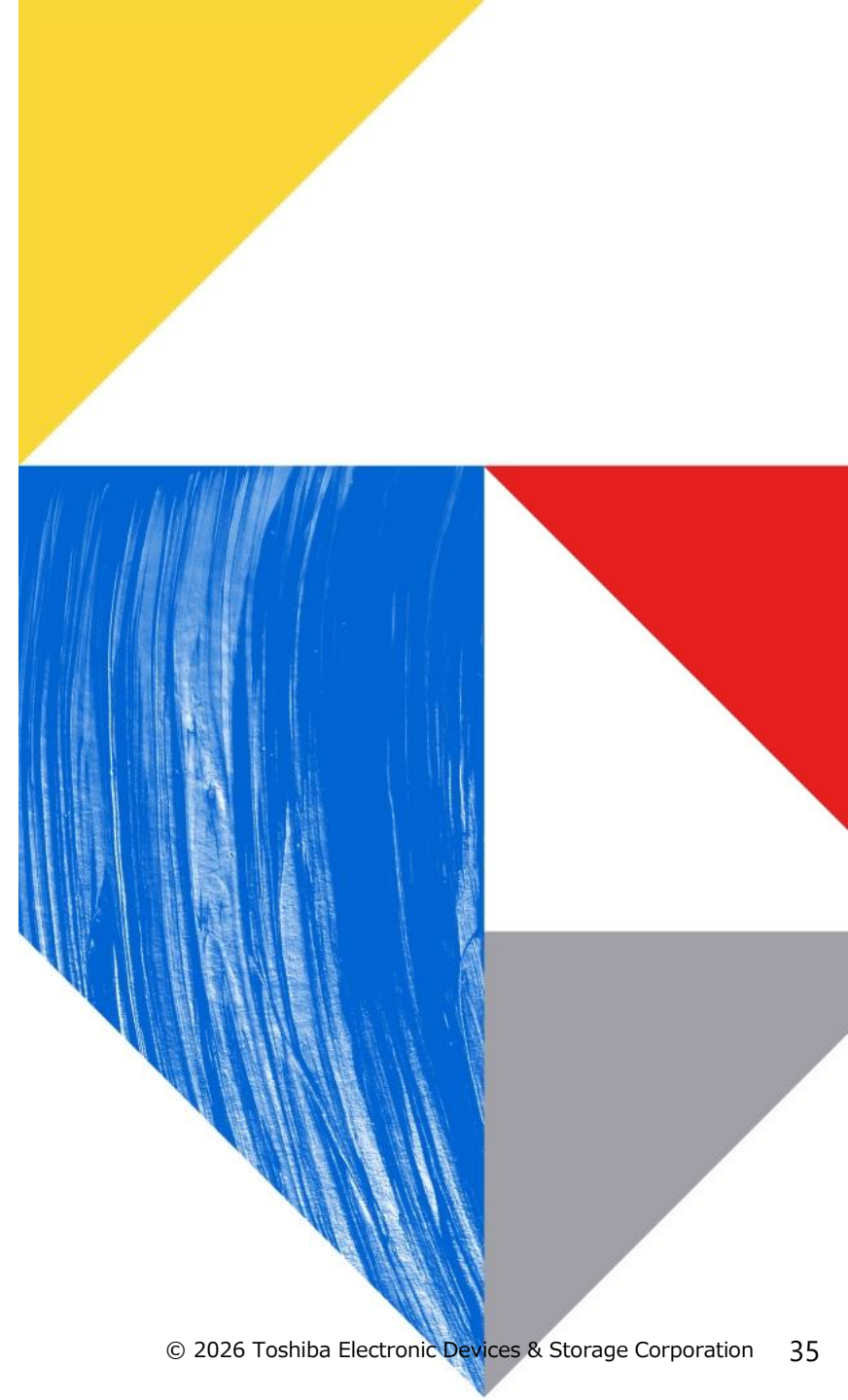
Results:

検索

リセット

05

最新のTVSダイオード製品

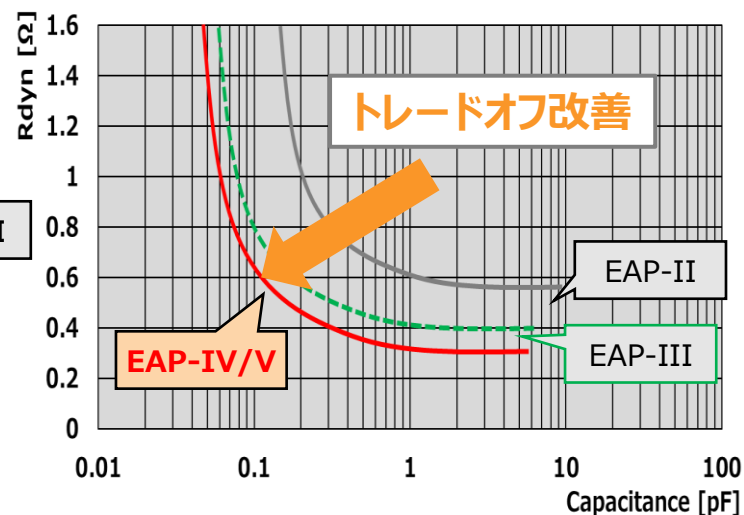
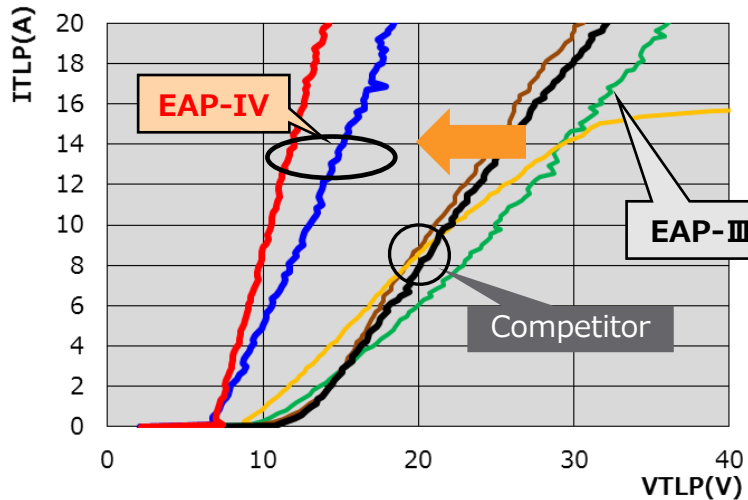


TVSダイオード 技術ロードマップ

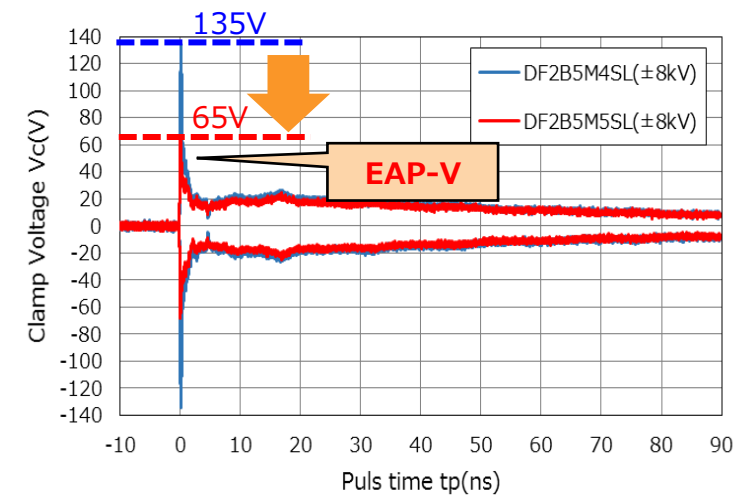
データライン用 低容量	~2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025~
----------------	-------	------	------	------	------	------	-------



低クランプ電圧化 ※当社調べ ダイナミック抵抗vs容量トレードオフ改善



低ピーク電圧による高保護性能化



プロセス改善を行い容量展開、保護性能改善を行っています。

1stVpeak低減プロセスを採用した低容量TVSダイオード

DF2xxM5 series

クランプ電圧Vcが低く、サージ対策に貢献します。



SL2 (SOD-962)
(0.62x0.32mm)



SOD-882 (CST2)
1.0x0.6mm

- 最大ピーク逆動作電圧:

$$V_{RWM} = 3.3 \text{ V} / 5.0 \text{ V}$$

- 超低クランプ電圧 :

$$1st \text{ Vpeak} = 70V \text{ @DF2B6M5SL}$$

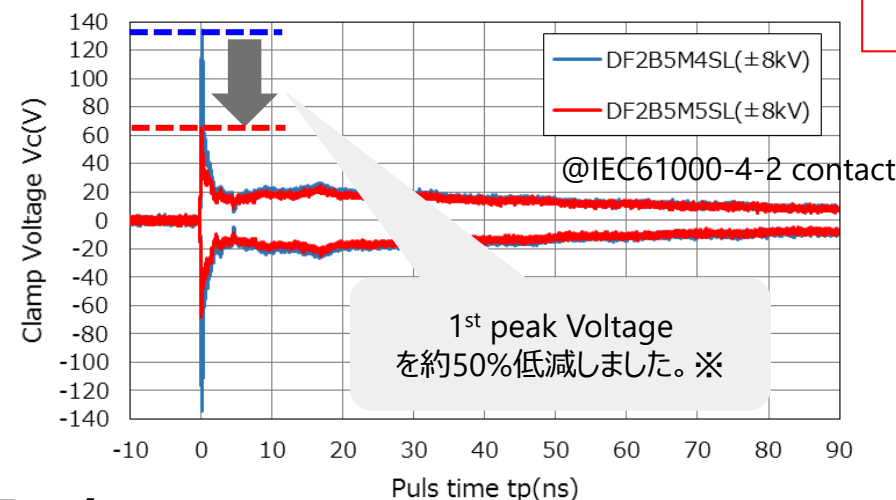
- 超低端子間容量 :

$$C_t = 0.3 \text{ pF (双方向)} / 0.6 \text{ pF (単方向)}$$

- 低ダイナミック抵抗:

$$R_{DYN} = 0.3 \sim 0.5 \ \Omega \text{ 標準}$$

注) DF2xxM5SL:SL2 Package ,DF2xxM5CT : CST2 Package



製品型番	構造	V _{RWM} 最大 (V)	1st Vpeak Level 標準 (V)	C _t @0V 標準 (pF)	R _{DYN} 標準 (Ω)	V _{ESD} (kV) 最小 IEC61000-4-2 (接触放電)	V _{CL} (V) 最大 @=2A IEC61000-4-5 (8/20μs pulse)	スケジュール
DF2B5M5SL/CT	双方向	3.3	65	0.3	0.5	±20	15	量産中
DF2B6M5SL/CT		5.0	70	0.3	0.5	±20	15	
DF2S5M5SL/CT	単方向	3.3	60	0.6	0.3	±20	15	
DF2S6M5SL/CT		5.0	65	0.6	0.3	±20	15	

超低容量(0.12pF)アンテナ用 TVSダイオード(ESD保護用ダイオード)

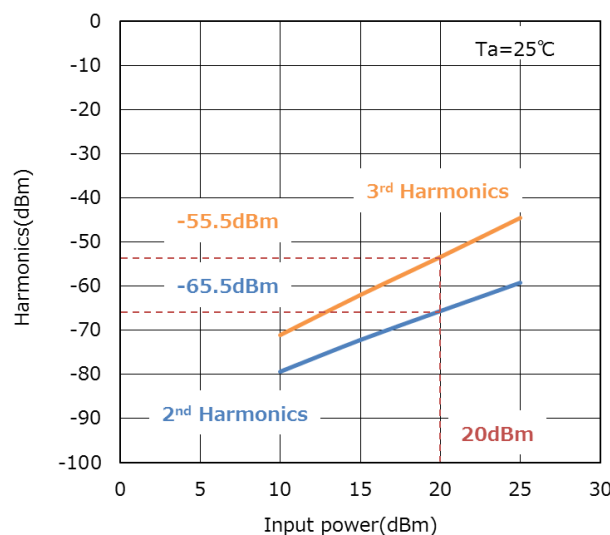
DF2B6M4BSL アンテナ保護用途向け



SOD-962(SL2)
0.62x0.32mm

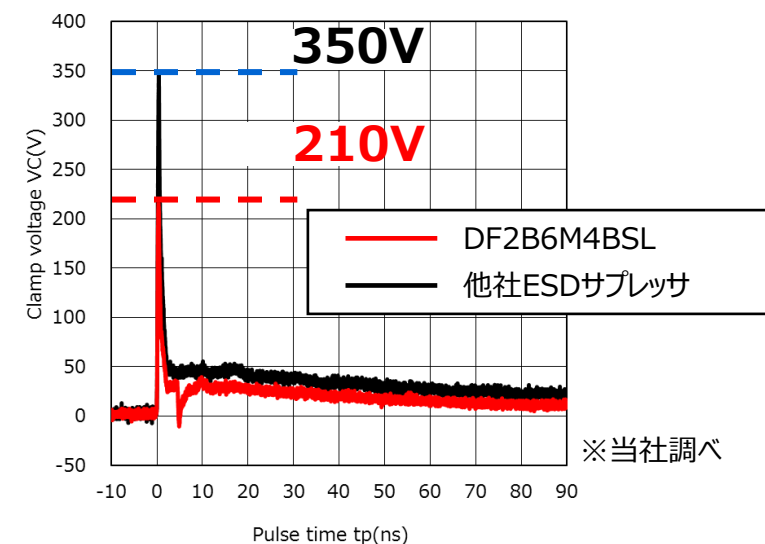
- 用途: Wifi, Bluetooth等アンテナ保護用途
- 超低容量: $C_t = 0.12\text{pF}$ (typ.)
- $V_{RWM} = 5.5\text{ V}$
- クランプ電圧: $25\text{V}@I_{TLP}=16\text{A}$
- 低高調波歪特性: -55.5dBm
@20dBm, 5GHz input, 3rd harmonics

Harmonics distortion
Frequency: 5GHz









ESD Clamp Waveform
@IEC61000-4-2(Contact), +8kV

Reference



Products name	V_{RWM} max. (V)	C_t @0V (pF)		V_{ESD} (kV) min IEC61000-4-2 (Contact)	V_{CL} (V) typ. @ $I_{TLP}=8\text{A}$	V_{CL} (V) typ. @ $I_{TLP}=16\text{A}$	3 rd Harmonics (dBm) @20dbm,5GHz	R_{DYN} typ. (Ω)	Schedule
		typ.	Max.						
DF2B6M4ASL	5.5	0.15	0.2	± 15	15	20	-50.5	0.7	量産中
DF2B6M4BSL	5.5	0.12	0.15	± 8	16.5	25	-55.5	1.05	量産中

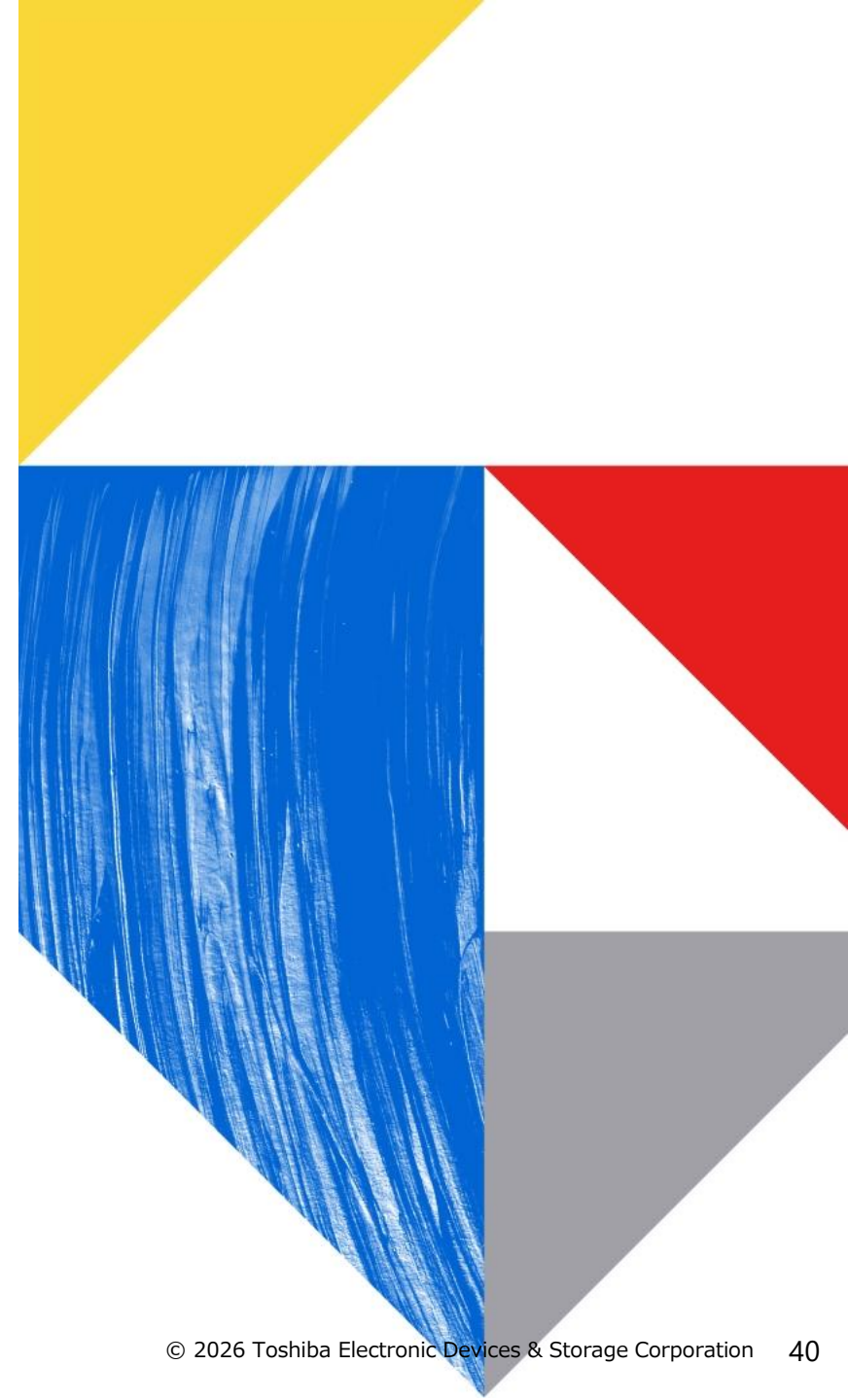
TVSダイオード (シングル) セレクションガイド

信号ライン 用途例	Ct(typ.)	V _{RWM} (max)	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) 	2.0x2.0mm SOT-1220 (UDFN6B) 
USB3.2(10Gbps) Thunderbolt3(20Gbps) HDMI2.1(16Gbps) Wi-Fi, Bluetooth(2.4GHz)	0.1 ~0.15pF	3.6V	DF2B5M4ASL					
		5.5V	DF2B6M4ASL DF2B7M3SL DF2B6M4BSL					
USB3.1(10Gbps) HDMI2.0(6Gbps) NFC、センサ用途	0.2 ~0.35pF	3.3V 3.6V	DF2B5M5SL DF2B5M4SL DF2S5M4SL	DF2B5M5CT DF2B5M4CT DF2S5M4CT				
		5V 5.5V	DF2B6M5SL DF2B6M4SL DF2S6M4SL	DF2B6M5CT DF2B6.8M1ACT DF2B6M4CT DF2S6M4CT				
		11V,18.5V ,24V	DF2B12M4SL DF2B20M4SL DF2B26M4SL					
USB3.0(5Gbps)	0.45 ~0.6pF	3.3V 3.6V	DF2S5M5SL	DF2S5M5CT		DF2S5M4FS		
		5V 5.5V	DF2S6M5SL	DF2S6M5CT		DF2S6.8MFS DF2S6M4FS		
GPIO, Audio,I2C他 (100MHz~kHz) 車載CAN FlexRay/ LIN	~45pF	3.3V 3.6V	DF2B5BSL DF2B5SL	DF2B5PCT				
		5V 5.5V	DF2B7BSL DF2B7ASL	DF2B7ACT DF2B7PCT	DF2B7AFS	DF2B6.8E # DF2B7AE	DF2B7AFU	
		1.5~23V 他電圧	DF2S5.1~30ASL New!	DF2S5.6~30CT	DF2S5.1~30FS		DF2S12FU DF2B18FU # DF2B29FU # DF2B36FU #	
電源ライン (Vbusライン)	45pF以上	5.5V 10V 12.6V 21,22V		DF2S6P1CT		DF2S6P2FU DF2S12P2FU DF2S14P2FU DF2S23P2FU	DF6S25P3NU	

* HDMIは、HDMI Licensing Administrator, Inc.の商標あるいは登録商標です。
 * Thunderboltは、Intel Corporationあるいはその子会社の商標です。
 * Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標あるいは商標です。
 * Bluetooth®は、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標です。
 * USB Type-C®, USB-C®は、USB Implementers Forumの登録商標です。
 * ZigBeeは、Koninklijke Philips Electronics N.V.の商標です。
 * FlexRay は、Daimler Chrysler AG の日本およびその他の国における登録商標または商標です。
 * その他の社名・商品名・サービス名などは、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

06

本日のまとめ



製品実用において最適な製品選定をいただけるよう、
例を用いて紹介させていただきました。ご検討の際にはご参考ください。

基本特性

① I-V特性確認

- ✓ データシートご参考の上、信号電圧、極性に問題ないものをご検討ください。

② 端子間容量 C_t 確認

- ✓ 各信号ラインに対して端子間容量 C_T 選択の製品をご検討ください。その他各アプリ向けにご参考になるデータを紹介させていただきました。


保護性能

③ TLP特性確認

- ✓ I-V特性において保護対象の性能を比較の上、選定ください。

④ EMC試験特性確認

- ✓ 製品間の保護性能比較、実機上での保護動作確認としてEMC試験を参考ください。また過渡応答に訴求したシミュレーションモデルのご紹介させていただきました。



ご清聴ありがとうございました

※ HDMI、HDMI High-Definition Multimedia Interface、およびHDMIロゴは、米国およびその他の国におけるHDMI Licensing Administrator, Inc.の商標または登録商標です。

※ Thunderboltは、Intel Corporationまたはその子会社の商標です。

※ Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標あるいは商標です。

※ Bluetooth®は、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標です。

※ その他の社名・商品名・サービス名などは、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。



人と、地球の、明日のために。

**Committed to People,
Committed to the Future.**

TOSHIBA