

フォトリレー TLP172AM ESD 対策

概要

本資料では TVS ダイオードならびにツェナーダイオードによるフォトリレーの ESD 対策効果について、TLP172AM を例として説明します。

目次

概要	1
1. はじめに	4
2. フォトリレーとは	5
3. ESD、過電圧サージについて	5
4. 保護素子について	6
5. フォトリレーに ESD 保護素子を付けたときの効果	8
5.1. 使用製品	8
5.2. 評価回路	10
5.3. 評価条件	11
5.4. 評価結果	12
6. まとめ	13
製品取り扱い上のお願い	14

図目次

図 3.1 過電圧パルスの分類	5
図 4.1 通常動作時とサージ印加時における保護素子の動作	6
図 4.2 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	7
図 5.1 データシート内の注意文言	8
図 5.2 測定回路	10
図 5.3 人体モデル (HBM)	11
図 5.4 マシンモデル (MM)	11
図 5.5 TLP172AM の ESD-HBM 試験結果	12
図 5.6 TLP172AM の ESD-MM 試験結果	12

表目次

表 4.1 ESD 保護用ダイオードの特長 6

表 5.1 TLP172AM の主な仕様 9

表 5.2 DF2B29FU の主な仕様..... 9

表 5.3 MSZ30V の主な仕様..... 10

1. はじめに

フォトリレー（MOSFET 出力フォトカプラー）はその名の通り、出力側が MOSFET で構成されたフォトカプラーです。そのため ESD（Electro-Static Discharge; 静電気放電）により、この出力素子が故障する恐れがあります。

ESD による出力素子の破壊リスク低減には保護素子を用いることが有効です。当社は ESD やサージなどの過電圧パルスからデバイスを保護するための TVS ダイオードやツェナーダイオードをラインアップしています。このアプリケーションノートでは、これらの保護素子を用いたフォトリレー出力側の ESD 破壊耐量改善の実例を示します。

2. フォトリレーとは

フォトリレーは、入力側に赤外 LED (発光ダイオード)を搭載し、出力側にフォトダイオードアレイと MOSFET を搭載した半導体リレーです。入力側と出力側は電氣的に絶縁されています。(ご参考) [フォトリレーebook](#)

3. ESD、過電圧サージについて

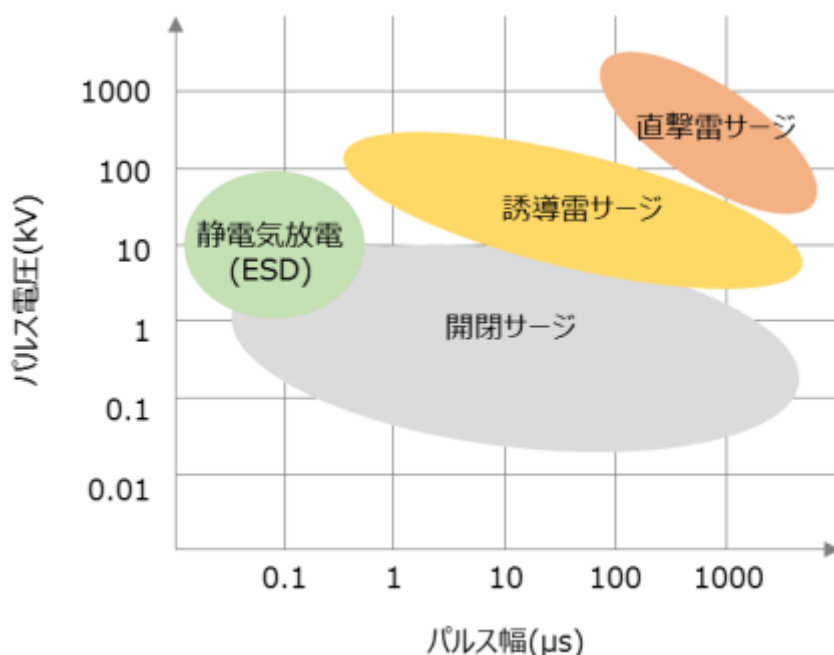
私たちの身の回りには、サージとよばれる電子回路を損傷するような電圧の急激な上昇を伴う高電圧ノイズが数多く存在します。また、電子回路においてもさまざまなサージが発生する可能性があり、回路の保護を考慮する必要があります。サージの例としては、電子機器が外部と接続されるコネクタから侵入する静電気や、誘導負荷によるサージなどがあります。

・ESD とは

ESD は正、負逆の電荷が蓄積されている物体が接触や接近すること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ボルト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。静電気に対して敏感である半導体製品では ESD により製品が破壊する場合がありますため、対策を講じる必要があります。

・その他ノイズ

ESD のほかにも、雷を元とする雷サージや、スイッチやリレーのオン・オフ時、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である開閉サージがあります。



出典: [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 \(東芝\)](#)

図 3.1 過電圧パルスの分類

4. 保護素子について

半導体製品を ESD などの過電圧パルスから保護する素子について説明します。当社は過電圧パルスに対するダイオードタイプの保護素子として ESD 保護用ダイオード(TVS ダイオード)とツェナーダイオードをラインアップしています。その接続方法と動作を図 4.1 に示します。

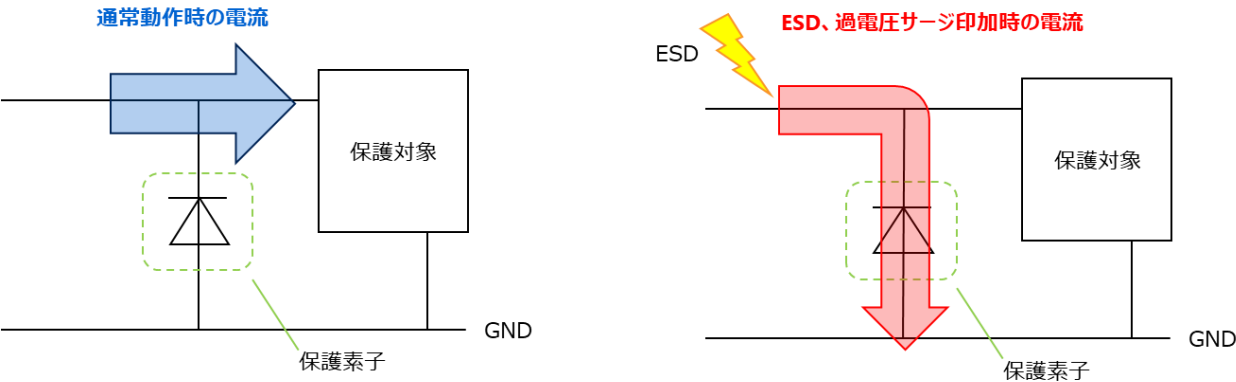


図 4.1 通常動作時とサージ印加時における保護素子の動作

それぞれの素子の特長を表 4.1 に、対応領域を図 4.2 に示します。

表 4.1 ESD 保護用ダイオードの特長

	ESD 保護用ダイオード (TVS 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の保護 ※1	マイクロ秒以上の過電圧パルスからの保護 (ESD 保護も可能 ※1)
端子間容量※2	0.12 ~ 600 pF	30 ~ 600 pF
使用箇所例	USB、HDMI などのコネクタ用※3	電源ライン、電源制御ライン
備考	1 pF 以下の低容量な製品を中心にラインアップ	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: IEC 61000-4-2、IEC 61000-4-5 (8/20 μ s 条件)

※2 5 V ライン保護用

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



出典：[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 \(東芝\)](#)

図 4.2 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

(ご参考)

- [ESD 保護用ダイオード \(TVS ダイオード\) の基礎](#)
- [過電圧対策に有効なツェナーダイオードと ESD と保護ダイオード](#)
- [ミニカタログ 東芝 TVS ダイオード \(ESD 保護ダイオード\)ラインアップ紹介](#)
- [ミニカタログ 東芝 保護用ツェナーダイオードのご紹介](#)

5. フォトリレーに ESD 保護素子を付けたときの効果

ここではフォトリレーの出力側に保護素子を組み合わせることによる ESD 破壊保護について示します。

5.1. 使用製品

一例として当社フォトリレーと、当社 ESD 保護素子を用いた評価結果を示します。
使用したフォトリレーは ESD に対して敏感な TLP172AM (阻止耐圧 V_{OFF} : 60V)を使用しました。
TLP172AM は、図 5.1 のようにデータシートに注意書きをしている静電気に弱い製品となっています。

動作温度	T_{opr}	-40 ~ 85	°C
はんだ付け温度 (10 s)	T_{sol}	260	°C
絶縁耐圧 (AC, 60 s, R.H. ≤ 60 %)	BV_S	(注1) 3750	Vrms

注: 本製品の使用条件 (使用温度/電流/電圧等) が絶対最大定格以内での使用においても、高負荷 (高温および大電流/高電圧印加、多大な温度変化等) で連続して使用される場合は、信頼性が著しく低下するおそれがあります。
弊社半導体信頼性ハンドブック (取り扱い上のご注意とお願いおよびディレーティングの考え方と方法) および個別信頼性情報 (信頼性試験レポート、推定故障率等) をご確認の上、適切な信頼性設計をお願いします。
注1: ピン1, 3とピン4, 6をそれぞれ一括し、電圧を印加する。

注意:この製品は構造上静電気に弱いため製品を取り扱う際、作業台・人・はんだごて・はんだ実装装置などに対し必ず静電対策を講じてください。

図 5.1 データシート内の注意文言

使用した保護素子は、DF2B29FU (TVS ダイオード)と MSZ30V (ツェナーダイオード)としました。

阻止耐圧 60 V フォトリレーが用いられる 24 V や 20 V 電源ラインの制御を想定し、ピーク逆動作電圧 V_{RWM} 、ツェナー電圧 V_Z が 24 V 以上の製品、かつ、ESD などの異常電圧・異常電流の侵入を受けたときに被保護回路に侵入する ESD エネルギーを被保護回路が破壊しないレベルまで小さくするため、クランプ電圧が保護対象 TLP172AM の阻止耐圧 60V よりも低い製品を選定しました。

保護素子の選定方法についてはこちらの[リンク](#)を参照ください。

フォトリレーならびに ESD 保護素子それぞれの主な仕様を表 5.1 から表 5.3 に示します。

表 5.1 TLP172AM の主な仕様 [\(リンク\)](#)

品名	TLP172AM
接点	1a(ノーマリーオープン)
パッケージ	4 pin SO6
動作温度	-40~110°C
トリガ電流 I_{FT} (最大)	3 mA
阻止耐圧 V_{OFF}	60 V
オン抵抗 R_{ON} (最大)	2 Ω
定常オン電流 I_{ON}	0.5 A
瞬時オン電流 I_{ONP}	1.5 A
絶縁耐圧 BVs (最小)	3.75 kVrms
ターンオン時間 t_{ON} (最大)	2 ms
ターンオフ時間 t_{OFF} (最大)	0.5 ms

表 5.2 DF2B29FU の主な仕様 [\(リンク\)](#)

品名	DF2B29FU
構成	双方向
静電気耐量 V_{ESD} (IEC61000-4-2)(接触放電) *注1	± 25 kV
静電気耐量 V_{ESD} (IEC61000-4-2)(気中放電) *注1	
静電気耐量 V_{ESD} (ISO10605)(接触放電) *注2	± 30 kV
静電気耐量 V_{ESD} (ISO10605)(気中放電) *注2	
ピークパルス電力 P_{PK}	140 W
ピークパルス電流 I_{PP} *注3	3 A
ピーク逆動作電圧 V_{RWM} (最大)	24 V
逆方向降伏電圧 V_{BR} (最小)	26 V
逆電流 I_R	0.1 μ A
クランプ電圧 V_C (最大) *注4	47 V
ダイナミック抵抗 R_{DYN} (標準) *注5	1.1 Ω
端子間容量 C_t (標準) *注6	9 pF

ピーク逆動作電圧24V以上

クランプ電圧60V以下

注 1: IEC 61000-4-2 準拠

注 2: ISO 10605 準拠 (C = 330 pF, R = 2 k Ω)

注 3: IEC 61000-4-5 準拠

注 4: IEC 61000-4-5 規格の 8/20 μ s パルスで測定。注 5: TLP パラメーター: $Z_0 = 50 \Omega$, $t_p = 100$ ns, $t_r = 300$ ps,averaging window $t_1 = 30$ ns $\sim t_2 = 60$ ns ダイナミック抵抗は TLP 特性の $I_{PP} = 8 \sim 16$ A 間で最小二乗法を用いて抽出しています。

注 6: 容量値は設計保証です。

表 5.3 MSZ30V の主な仕様 (リンク)

品名	MSZ30V
構成	単方向
静電気耐量 (接触, 気中放電) V_{ESD} *注1	± 20 kV
ピークパルス電力 P_{PK} *注2	200 W
ピークパルス電流 I_{pp} *注2	4.0 A
ツェナー電圧 V_Z (標準)	30 V
ダイナミック抵抗 R_{DYN} (標準) *注3	1.25 Ω
クランプ電圧 V_C (標準) *注3,4	47.5 V
端子間容量 C_t (標準) *注5	21 pF
逆電流 I_R (最大)	0.1 μ A

ツェナー電圧24V以上

クランプ電圧60V以下

注 1: IEC61000-4-2 準拠

注 2: IEC61000-4-5 準拠 ($t_p = 8 / 20 \mu s$)注 3: TLP パラメーター: $Z_0 = 50 \Omega$, $t_p = 100$ ns, $t_r = 300$ ps,averaging window: $t_1 = 30$ ns $\sim t_2 = 60$ ns, ダイナミック抵抗は TLP 特性の $I_{TLP1} = 16$ A $\sim I_{TLP2} = 30$ A 間で最小二乗法を用いて抽出しています。注 4: $I_{TLP} = 16$ A注 5: $V_R = 0$ V, $f = 1$ MHz

5.2. 評価回路

図 5.1 のように TLP172AM の出力側と ESD 印加装置の間に保護素子を接続し、評価を行いました。TVS ダイオードは双方向タイプの製品を使用しました。また、ツェナーダイオードは単方向タイプを 2 個逆直列接続として使用しました。

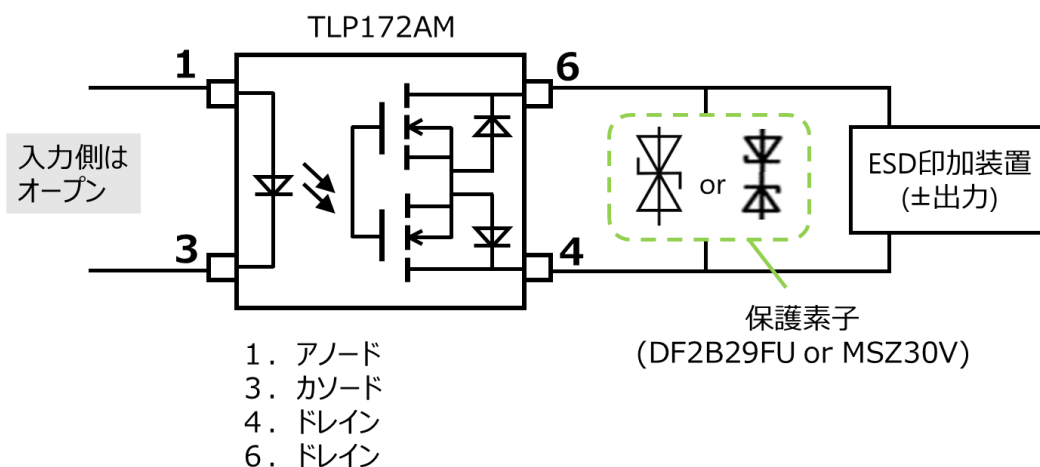


図 5.2 測定回路

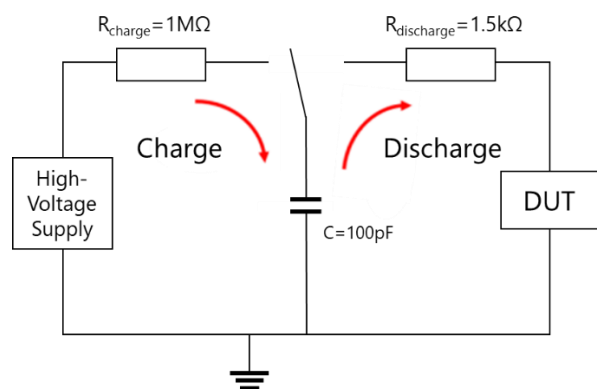
5.3. 評価条件

ここでは、デバイスレベル試験の 2 種類の条件で ESD 評価を行いました。

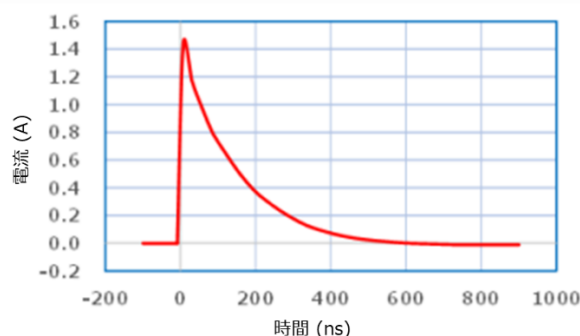
- ① 静電気が蓄電した人体が、デバイスに放電することを想定したモデル (Human Body Model: HBM)
- ② 製造装置などに蓄電した電荷が放電することを想定したモデル (Machine Model: MM)

ESD 試験回路例と試験波形例を図 5.2 と図 5.3 に示します。サンプル数は MM 条件と HBM 条件それぞれ 10 個ずつとしました。静電気試験器で ESD 試験波形をフォトリレー出力側に±両方向印加し、印加前後の出力側の耐圧を確認する、という測定を、ESD 印加電圧を上げながら TLP172AM が破壊*するまで繰り返しました。

*ここでは、出力側の耐圧劣化が見られた時点で破壊したと判定。



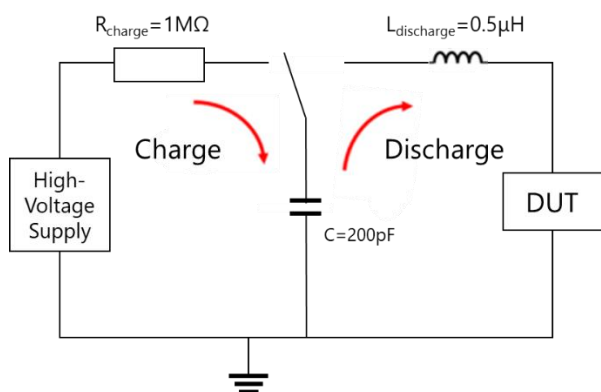
試験回路例



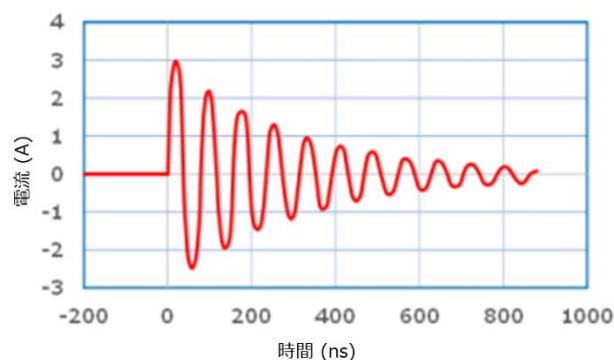
試験波形例 (ESD印加電圧イメージ)

出典: [ESD 保護用ダイオード \(TVS ダイオード\) の基礎 \(東芝\)](#)

図 5.3 人体モデル (HBM)



試験回路例



試験波形例 (ESD印加電圧イメージ)

出典: [ESD 保護用ダイオード \(TVS ダイオード\) の基礎 \(東芝\)](#)

図 5.4 マシンモデル (MM)

5.4. 評価結果

印加した ESD 電圧を横軸に、TLP172AM の破壊個数を縦軸にとったグラフを図 5.5、図 5.6 に示します。TLP172AM 単体の場合は MM 条件では ± 200 V 以下、HBM は ± 1 kV 以下で破壊していますが、保護素子を入れることによって MM は少なくとも ± 300 V、HBM は少なくとも ± 3.5 kV までは破壊しない結果となりました。

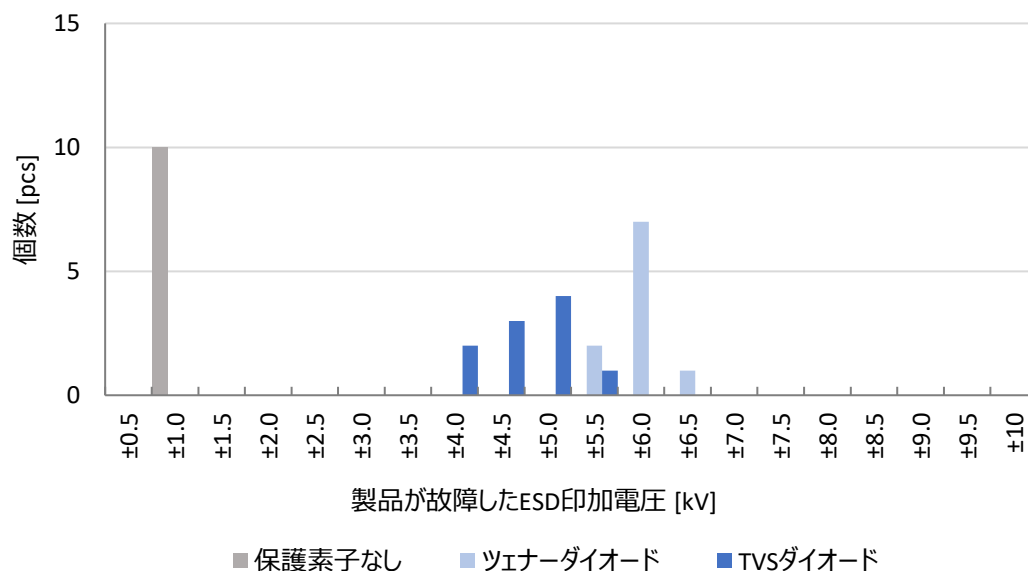


図 5.5 TLP172AM の ESD-HBM 試験結果

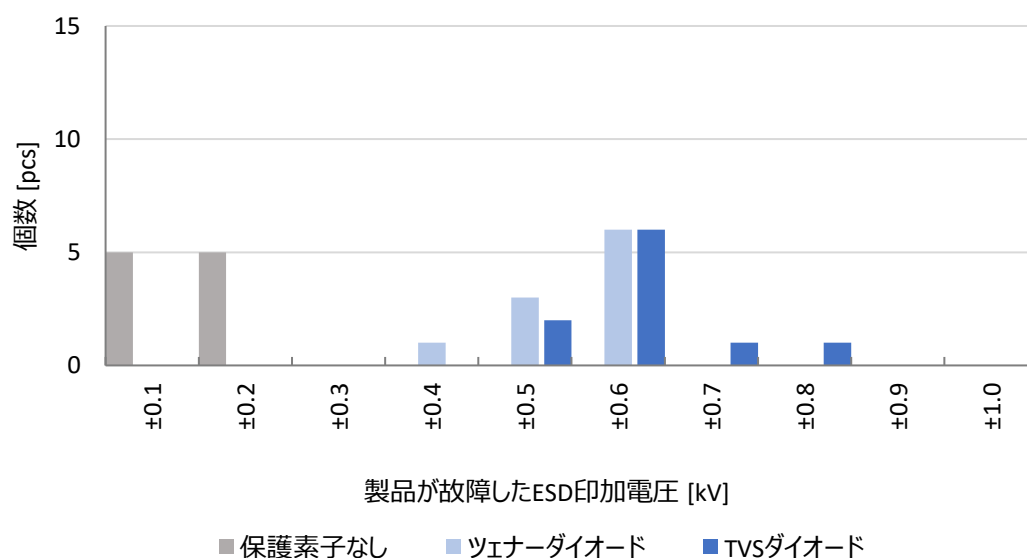


図 5.6 TLP172AM の ESD-MM 試験結果

6. まとめ

このアプリケーションノートではフォトリレーの ESD 破壊リスク低減策の一例として、TLP172AM の出力側 (MOSFET 側) に TVS ダイオードあるいはツェナーダイオードを組み合わせたときの ESD 耐性と、これらの保護素子を使うことで ESD 耐性の向上を確認できることを示しました。

なお、ここでの評価結果は一例ですので、ESD 保護素子の選定や所望の保護が行われるかについては、お客様において実際の回路で十分に検討いただきますようお願いします。

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、規則及び命令により、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及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、明示的にも默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。
- 本製品には GaAs（ガリウムヒ素）が使われています。その粉末や蒸気等は人体に対し有害ですので、破壊、切断、粉砕や化学的な分解はしないでください。
- 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、「外国為替及び外国貿易法」、「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。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/>