

技術資料（TVSダイオード編）

J531-1 rev.1(2019.12)

1. TVS ダイオード

1-1. TVS ダイオードの概要

1-1-1. TVS ダイオードとは

TVS ダイオードは、シリコン PN 接合の逆方向アバランシェ降伏現象を応用したクランプ型のサージ保護素子です。一般の定電圧素子であるツェナーダイオードに比べ、逆方向に大きなサージ電流を流せるのが特長です。

図 1 に TVS ダイオードの電圧-電流特性を示します。第一象限の特性を利用します。OFF 時と ON 時の顕著な非線形特性を有していることから、サージに対する応答特性が速く、安定したクランプ電圧を得ることができます。

当社 TVS ダイオードのチップ構造については、独自の化学的物理的に安定したガラスパッシベーション使用しており、耐湿性、耐熱性に優れた構造です。

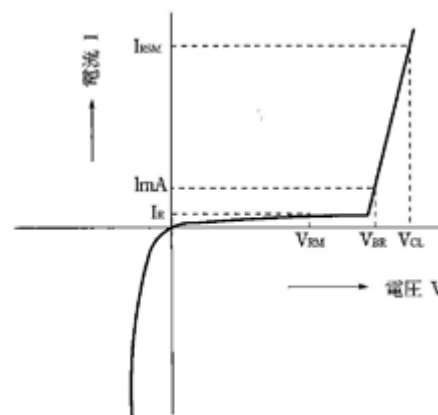
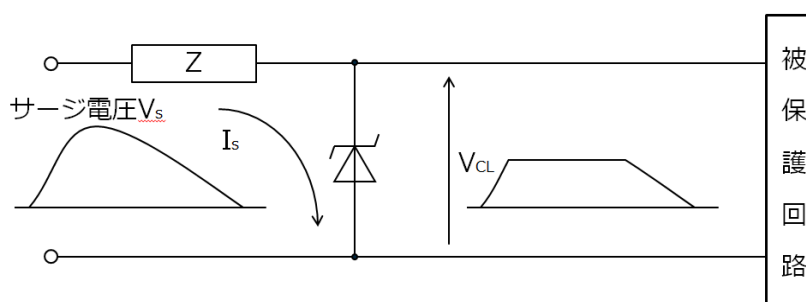


図 1 電圧-電流特性

図 2 に TVS ダイオードの使用例を示します。

被保護回路の前段に、並列に TVS ダイオードを入れます。サージ電圧が発生し、TVS ダイオードの耐圧を越えると TVS ダイオードに電流が流れ、非保護回路に印加される電圧は V_{CL} 以下に抑えられます。

なお、TVS ダイオードは定電圧用途でのご使用は想定しておりませんので、ご注意ください。また、連続サージ印加状況でのご使用につきましては担当営業までお問合せ下さい。



I_s : サージ電流、 V_s : サージ電圧、 V_{CL} : クランピング電圧、 Z : 等価サージインピーダンス

図 2 サージ等価回路

1-1-2. TVS ダイオードの選定方法

1) 連続印加電圧 V_{RM} の選定

被保護回路に定常時印加されるピーク電圧値以上の V_{RM} 定格の素子を選定して下さい。

2) せん頭サージ逆電流の選定

図 2 の等価回路において TVS に流れるサージ電流 I_S は、 $I_S=(V_S-V_{CL})/Z$ により求められます。

求められた I_S 以上の I_{RSM} 定格を持つ素子を選定して下さい。

3) 動作開始電圧 V_{BR} の選定

TVS は、素子に流れるサージ電流 I_S によってクランピング電圧 V_{CL} が変動します。せん頭サージ逆電流-クランピング電圧特性図が素子ごとにありますので、使用回路で想定されているサージ電圧 V_S と等価サージインピーダンス Z にて計算された I_S での V_{CL} が、被保護回路の許容電圧以下である素子を選定して下さい。せん頭サージ逆電流-クランピング電圧特性図において $I_{RSM}=1mA$ 点の V_{CL} が動作開始電圧 V_{BR} となります。

(1-3-1 項の「せん頭サージ逆電流-クランピング電圧特性図」に関する説明もご参照ください)

4) 接合容量 C_t の確認

素子ごとの接合容量 f - C_t 特性図、接合容量 V_R - C_t 特性図をご参照下さい。また、信号品質への影響がないかをご確認ください。

1-2. 特性用語一覧

1-2-1. 絶対最大定格（瞬時であっても超えてはならない値）

表 1 絶対最大定格

項 目	記 号	用 語 の 説 明
保存温度 Storage temperature	T_{stg}	素子非動作中に超えてはならない保存周囲温度
接合部温度 Junction temperature	T_j	素子動作中に超えてはならない接合部温度
せん頭サージ逆電力 Maximum surge reverse power	P_{RSM}	指定条件にて許容し得る逆方向電力ピーク値 $P_{RSM} = V_{CL} \times I_{RSM}$
せん頭サージ逆電流 Maximum surge reverse current	I_{RSM}	指定条件にて許容し得る逆方向電流ピーク値
連続印加電圧 Continuous (direct) reverse voltage	$V_R(DC)$	連続印加可能な逆電圧の最大許容電圧ピーク値

1-2-2. 電氣的・熱的特性

表 2 電氣的・熱的特性

項 目	記 号	用 語 の 説 明
動作開始電圧 Breakdown voltage	V_{BR}	指定条件にてダイオードに規定の逆電流を流した時の逆方向電圧
クランピング電圧	V_{CL}	指定条件にてダイオードに定格値のせん頭サージ逆電流を印加時の逆方向電圧ピーク値
逆電流 Reverse current	I_R	規定条件にて、逆電圧を印加した時に流れる電流値
熱抵抗 Thermal resistance	$R_{th(j-x)}$	規定条件にて、定常状態での熱の伝導の度合いを表す数値 または 1W 当たりに接合部と x 間で生じる温度差 $R_{th(j-a)}$: 接合部と周囲間の定常熱抵抗 $R_{th(j-l)}$: 接合部とリード間の定常熱抵抗

1-3. 電氣的特性

表 3 TVS ダイオード定格表 (例)

項 目	記 号	条 件	規格値	単位
保存温度 Storage temperature	T_{stg}		-55~175	°C
接合部温度 Operating Junction temperature	T_J		-55~175	°C
せん頭サージ逆電流 Maximum surge reverse current	I_{RSM}	10/1000 μ s 非繰り返し	10	A
せん頭サージ逆電力 Maximum surge reverse power	P_{RSM}	10/1000 μ s 非繰り返し	400	W
連続印加電圧 Maximum reverse voltage	V_{RM}		23	V
動作開始電圧 Breakdown voltage	V_{BR}	$I_R=1mA$ 、パルス測定	Min. 24.3 Typ. 27.0 Max. 29.7	V
逆電流 Reverse current	I_R	$V_R=23V$ 、パルス測定	Max. 5	μA
熱抵抗 Thermal resistance	$R_{th(j-l)}$	接合部・リード間, プリント基板実装	Max. 23	°C/W
	$R_{th(j-a)}$	接合部・周囲間, プリント基板実装	Max. 157	°C/W

1-3-1. せん頭サージ逆電流-クランピング電圧

せん頭サージ逆電流-クランピング電圧特性図を図 3 に示します。縦軸をせん頭サージ逆電流 I_{RSM} 、横軸をクランピング電圧 V_{CL} とした片対数グラフで表しています。

指定波形で逆方向サージ電流印加した時、クランピング電圧が何 V になるかを示しています。代表値での記載になりますので、被保護回路を確実に保護するためには、 V_{BR} 規定条件である 1mA 点にて V_{BR} MAX 値まで特性ラインを平行移動してご確

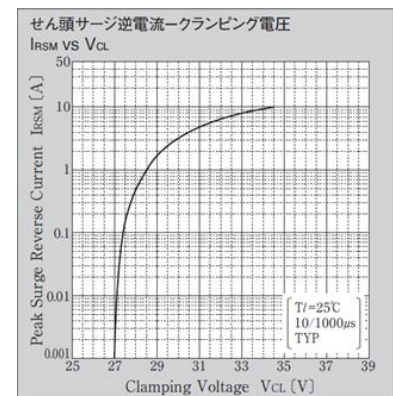


図 3

確認ください。

また、後述の通り、温度に対する変化もありますので、図 4 の動作開始電圧特性図も参照する必要があります。

指定波形は、せん頭サージ逆電力・せん頭サージ電流の条件と同じ波形となります。

⚠ 注意

上記クランピング電圧特性は、電流波形が 10/1000 μ s の場合の特性となります。実際に印加されるサージ波形が上記と異なる場合がありますので、ご注意ください。

1-3-2. V_{BR} - T_j 特性

動作開始電圧の温度依存性を図 4 に示します。縦軸を動作開始電圧 V_{BR} 、横軸を接合部温度 T_j としたグラフで表しています。当社ラインナップ品は、温度が上がると V_{BR} 値は上昇していく特性となります。代表値での記載になりますので、被保護回路を確実に保護するためには、 V_{BR} 規定温度である $T_j=25^{\circ}\text{C}$ 点にて $V_{BR\text{MAX}}$ 値まで特性ラインを平行移動してご確認ください。

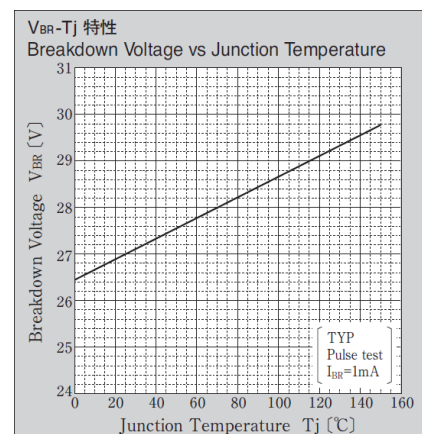


図 4

また、前述の通り、せん頭サージ逆電流に対する変化もありますので、図 3 のせん頭サージ逆電流-クランピング電圧特性図も参照する必要があります。

1-3-3. I_R - T_j 特性

逆電流の温度依存性を図 5 に示します。縦軸を逆電流 I_R 、横軸を接合部温度 T_j とした片対数グラフで表しています。

逆方向特性は温度係数が正(温度が高いほど I_R が大きくなる)という特長があります。

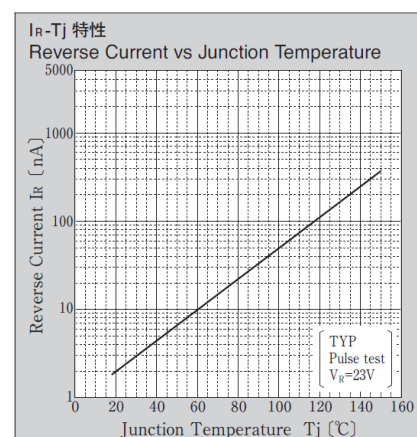


図 5

1-3-4. せん頭サージ逆電流耐量

パルス幅 t_p に対するせん頭サージ逆電流耐量 I_{RSM} の依存性を図 6 に示します。縦軸に I_{RSM} 、横軸にパルス幅 t_p とした両対数グラフで示しています。定格表に示される 10/1000 μ s 時の耐量は 10A です。図 6 から 10/1000 μ s 波形は 1ms の t_p と近似できるので 1ms 時の耐量は同様に 10A となっています。

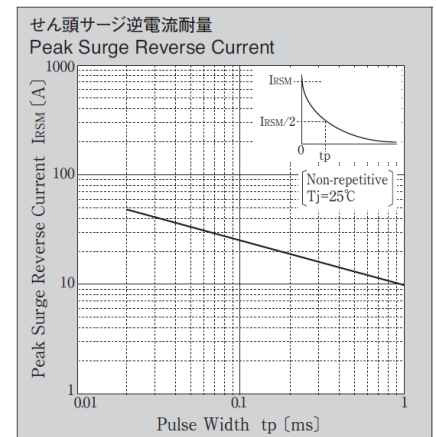


図 6

1-3-5. 接合容量 f-Ct

周波数 f に対する接合容量 C_t の依存性を図 7 に示します。縦軸に接合容量 C_t 、横軸に周波数 f とした両対数グラフで示しています。

連続印加電圧定格 V_{RM} 値での接合容量 C_t の周波数 f の依存性を示しています。後述のように C_t は V_R に対する依存性もありますので、図 8 の接合容量 V_R - C_t 特性図も参照する必要があります。

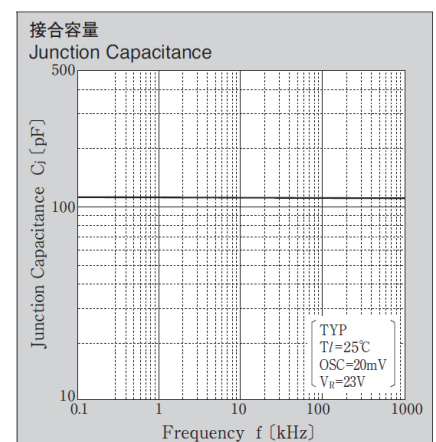


図 7

1-3-6. 接合容量 V_R - C_t

逆電圧 V_R に対する接合容量 C_t の依存性を図 8 に示します。縦軸に C_t 、横軸に逆電圧 V_R とした両対数グラフで示しています。

基本的に $f=100\text{kHz}$ の条件で C_t の逆電圧 V_R に対する依存性を示しています。前述のように C_t は周波数 f に対する依存性もありますので、図 7 の接合容量 f - C_t 特性図も参照する必要があります。

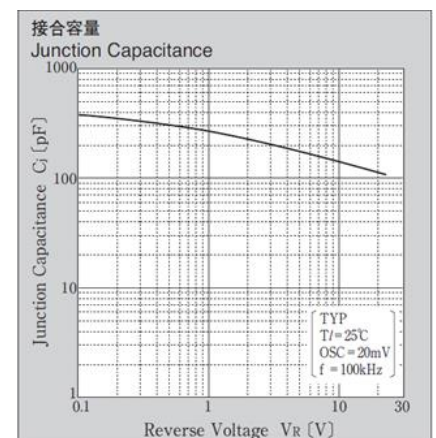


図 8

1-3-7. 過渡熱抵抗

基本的な熱計算の考え方はダイオードと同様、損失 $P_{ave}(W)$ を求め、 $T_j \text{ MAX}$ を超えないように設計してください。

ただし、 $P_{RSM} \cdot I_{RSM}$ は熱計算対象外です。判断が難しい場合は、担当営業までお問い合わせ下さい。

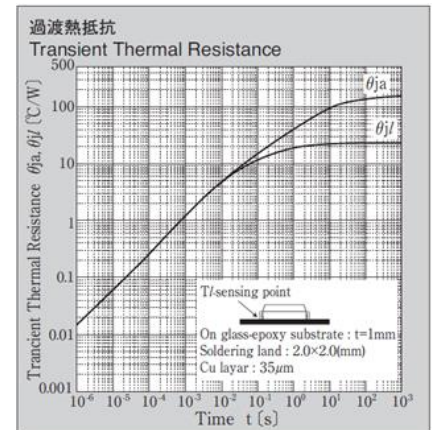


図 9

1-4. 接合部温度の推定

1-4-1. 熱抵抗

素子の動作時に発生する電力損失は、全て熱に変換され、接合部温度を上昇させます。設計された放熱系（放熱フィンなど）で、カタログ規格表に指定される $T_j \text{ MAX}$ 以下に接合部温度が抑えられているかを確認し、 $T_j \text{ MAX}$ を超える場合は、放熱フィンや周囲温度条件の見直しを行わなければなりません。

モールド樹脂などで密閉された TVS ダイオードチップの接合部温度を直接測定することはできませんので、外部温度より接合部の温度を推定する必要があります。この推定に使われるのが熱抵抗 R_{th} で、ダイオードの消費電力（電力損失）に対する熱伝導の抵抗度合いを表します。この接合部から周囲（外気）への熱の伝導経路は、図 10 のような電気的等価回路で表されます。カタログ定格表や特性図に出てくる温度および熱抵抗は、添字によりどの位置なのかを表します。

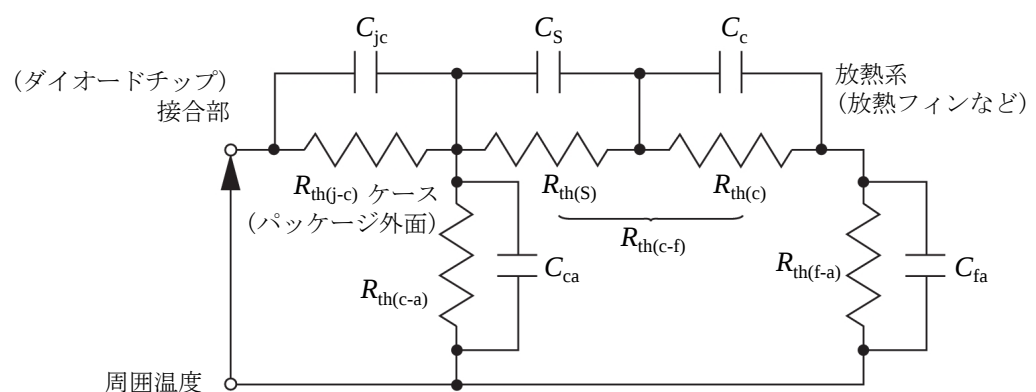


図 10 熱抵抗等価回路

それぞれの添字は、下記のような位置を表します。

Rth(j-c) : 接合部-ケース間の熱抵抗	Cjc : 接合部-ケース間の熱容量
Rth(S) : 絶縁板の熱抵抗	Cs : 絶縁板の熱容量
Rth(c) : ケース-放熱フィンの接触熱抵抗	Cc : ケースの接触熱容量
Rth(c-f) : ケース-放熱フィン間の接触熱抵抗	Cfa : 放熱フィン-周囲間の熱容量
Rth(f-a) : 放熱フィン-周囲間の熱抵抗	Cca : ケース-周囲間の熱容量
Rth(c-a) : ケース-周囲間の熱抵抗	

Tj は TVS ダイオードの接合部の温度のことであり、Rth(j-c)は接合部とケースの間の熱抵抗のことです。

実際に TVS ダイオードに印加される電圧・電流より、順方向損失・逆方向損失を求めます。両損失を足した値が、TVS ダイオードトータル損失となります。トータル損失に熱抵抗 Rth(j-□)を掛けた値が、TVS ダイオードの接合部と対象箇所（位置）間の温度差となります。

1-4-2. 付記

当社では 2017 年度より、JEITA ED4511B に従って、従来使用していた特性記号を一部変更いたしました。読み替えの際は、下表を参照して下さい。

新 表 記	旧 表 記	備 考
熱抵抗 Rth(j-x) Thermal resistance	熱抵抗 θ_{jx} Thermal Resistance	同義 過渡熱抵抗は Zth(j-x)で表す
接合容量 Ct Total capacitance	接合容量 Cj Junction Capacitance	同義