

お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、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合せください。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、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、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、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

定電圧ダイオードおよびノイズクリッピング ダイオードの使用上の諸注意

[メモ]

- 本資料の内容は予告なく変更することがありますので、最新のものであることをご確認の上ご使用ください。
 - 文書による当社の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。
 - 本資料に記載された製品の使用もしくは本資料に記載の情報の使用に際して、当社は当社もしくは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。上記使用に起因する第三者所有の権利にかかわる問題が発生した場合、当社はその責を負うものではありませんのでご了承ください。
 - 本資料に記載された回路、ソフトウェア、及びこれらに付随する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するためのものです。従って、これら回路・ソフトウェア・情報をお客様の機器に使用される場合には、お客様の責任において機器設計をしてください。これらの使用に起因するお客様もしくは第三者の損害に対して、当社は一切その責を負いません。
 - 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生します。当社半導体製品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害等を生じさせない冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等安全設計に十分ご注意願います。
 - 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「特別水準」およびお客様に品質保証プログラムを指定して頂く「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認の上ご使用願います。
 - 標準水準：コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
 - 特別水準：輸送機器（自動車、列車、船舶等）、交通用信号機器、防災／防犯装置、各種安全装置、生命維持を直接の目的としない医療機器
 - 特定水準：航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器、生命維持のための装置またはシステム等
- 当社製品のデータ・シート／データ・ブック等の資料で、特に品質水準の表示がない場合は標準水準製品であることを表します。当社製品を上記の「標準水準」の用途以外でご使用をお考えのお客様は、必ず事前に当社販売窓口までご相談頂きますようお願い致します。

[メモ]

1. はじめに

情報化社会高成長に伴い電子機器は著しく普及しており，基準電圧，電圧検出，レベルシフト等の定電圧用途に定電圧ダイオードRDシリーズを，静電気（ESD）保護および回路にて発生するサージ保護用にノイズクリッピングダイオードNNCDシリーズをご使用頂いております。本書において，定電圧ダイオードおよびノイズクリッピングダイオードの特性および使用に際して参考として頂きたい事項について説明を行います。

2. 定電圧ダイオードおよびノイズクリッピングダイオードとは

2.1 定電圧ダイオードとは

定電圧ダイオードは，図1に示しますように逆方向に電圧を印加していくとある電圧を境にして低インピーダンスとなり電流が急速に流れ始める特性をもっています。

原理はPn接合の逆方向の次の降伏現象を利用したものです。

- (1) 量子力学的トンネル効果によって生じるツェナー降伏
- (2) 高電界で起こる電子と正孔のなだれの増殖によるアバランシェ降伏

これら2つの降伏現象は5~6 Vを境として，5~6 V以下では，ツェナー降伏が支配的であり，5~6 V以上ではアバランシェ降伏が支配的です。これら2つの降伏現象の特徴としてツェナー電圧温度係数 γ_z はツェナー降伏では負，アバランシェ降伏では正となります。ツェナー電圧とツェナー電圧温度係数 γ_z の関係を図2に示します。

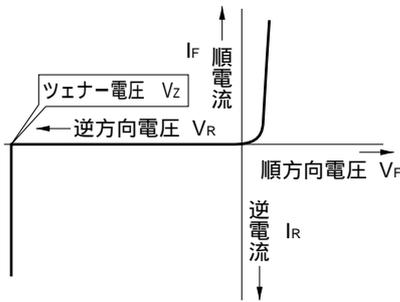


図1 定電圧ダイオード-電流特性

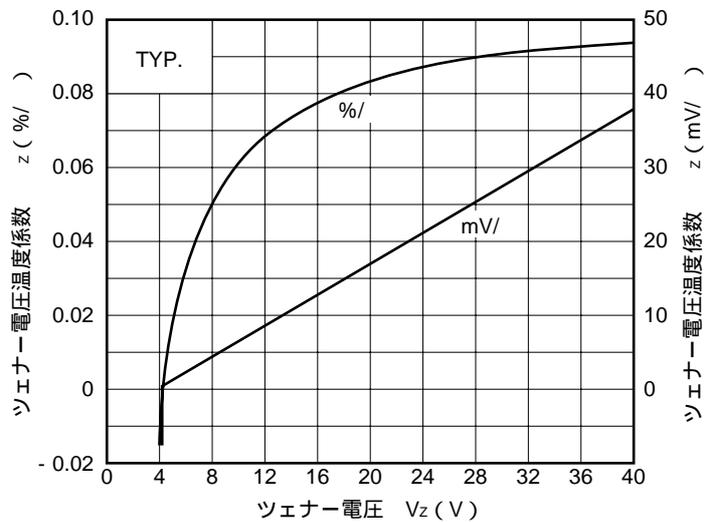


図2 V_z - γ_z 特性例

2.2 ノイズクリッピングダイオードとは

ノイズクリッピングダイオードは、図3に示しますように逆方向に電圧を印加していきまるとある電圧を境にして低インピーダンスとなり電流が急に流れ出す特性を有しております。

原理はP-N接合の逆方向の次の降伏現象を利用したものです。

- (1) 量子力学的トンネル効果によって生じるツェナー降伏
- (2) 高電界で起こる電子と正孔の雪崩によって生じるアバランシェ降伏

これらの2つの降伏現象は5~6 Vを境として、5~6 V以下ではツェナー降伏が支配的であり、5~6 V以上ではアバランシェ降伏が支配的です。

ノイズクリッピングダイオードは、この特性を利用して静電気等によるサージノイズを所定の降伏電圧でクリッピングするものです。

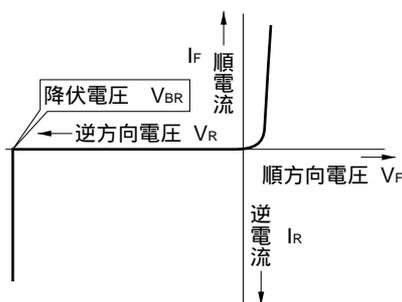


図3 ノイズクリッピングダイオード-電流特性

3. 定電圧ダイオードおよびノイズクリッピングダイオードの最大定格

定電圧ダイオードおよびノイズクリッピングダイオードを使用する回路を設計する上で最大定格をよく認識することは、これらを有効に使用するためと、また十分高い信頼性を得るためにも非常に大切なことです。

半導体製品に適用される定格は絶対最大定格であっていかなる使用条件または試験条件でも越えてはならない限界値でこの値を越えた場合には、特性が回復しない(劣化)場合もあり、時には破壊する場合があります。

定電圧ダイオードおよびノイズクリッピングダイオードの最大定格の定められている項目は、許容損失、接合部温度、保存温度、サージ逆電力です。これらの項目には相互に関係があるため、別々に考えることはできません。また回路条件、実装条件によって異なります。

3.1 温度定格

保存温度定格はデバイスに温度以外の電圧，電流，機械的などのストレスが加わらない状態で定格，特性に変化を与えることなく，長時間保存することのできる周囲温度の上限，下限と規定しています。通常，上限値は最高接合部温度，下限値は - 20 ~ - 65 程度に規定されています。

接合部温度定格は通常最高接合部温度が規定されます。最低接合部温度は規定されていませんが保存温度の下限値とみることができます。

なお，温度定格は次のような考慮に基づいて規定されています。

- (1) デバイスを構成している部品間の熱膨張係数が異なるため，温度の上昇・下降により機械的なストレスが生ずる。このことより構成部品が破損せず十分な信頼度が得られる温度の範囲。
- (2) デバイスを構成する材料の融点あるいは時間経過により変質しない温度の範囲。
- (3) デバイスの電圧，電流およびその他の特性の温度依存性を考慮し，所定の定格，特性を安定に維持できる温度の範囲。
- (4) デバイスの信頼性を考慮し，特性が経時変化することなく長期寿命を保証できる温度の範囲。

一般に定電圧ダイオードおよびノイズクリッピングダイオードの劣化は接合部温度が高くなるにつれ加速され，平均寿命 L_m （時間），接合部温度 T_j （K）との間にはA, Bを固定の定数として次の関係が認められています。

$$\log L_m = A + \frac{B}{T_j}$$

その関係は，図4に示すとおりです。

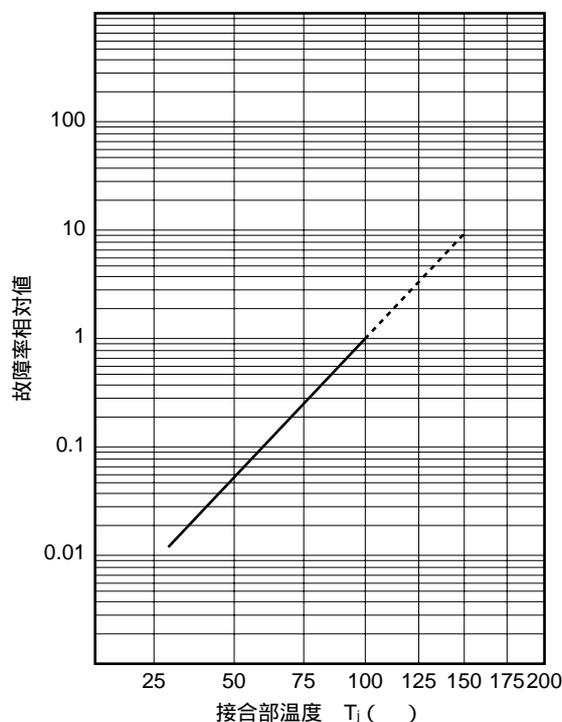


図4 接合部温度と故障率の関係

3.2 電力定格

定電圧ダイオードおよびノイズクリッピングダイオードの電力損失は熱エネルギーに変換され、接合部温度を上昇させます。したがって接合部温度の最高値 $T_{j(MAX.)}$ が最大許容損失 $P_{(MAX.)}$ を制限することになります。

しかし、発生した熱エネルギーを有効に外部に放熱すれば接合部温度の上昇は最小限に止めることができます。

この熱放散は構造等により異なり、熱の伝導されにくさを表わす定数として熱抵抗 R_{th} (/W) が用いられ消費電力 P と次の関係で表されます。

$$T_j = R_{th} \cdot P + T_A \dots\dots\dots (3.1)$$

T_j : 接合部温度
 R_{th} : 熱抵抗
 P : 消費電力 (損失)
 T_A : 周囲温度

したがって許容損失 $P_{(MAX.)}$ は次の式で表わされます。

$$P_{(MAX.)} = \frac{T_{j(MAX.)} - T_A}{R_{th}} \dots\dots\dots (3.2)$$

この式で表わされるように許容損失は熱抵抗を小さくすることで改善させることができます。

(1) 熱抵抗について

熱抵抗 R_{th} は、実装方法によって小さくすることが可能です。この熱抵抗 R_{th} は、実装時のプリント配線板上の銅箔面積の大きさ、実装時のリード長に大きく左右されます。RD [] E, RD [] Fのその特性例をそれぞれ図5、図6に示します。

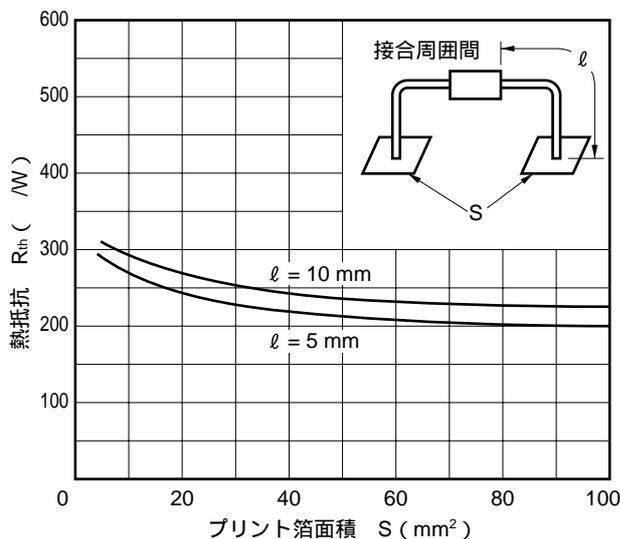


図5 S- R_{th} 特性例 (RD2.0E ~ 120E)

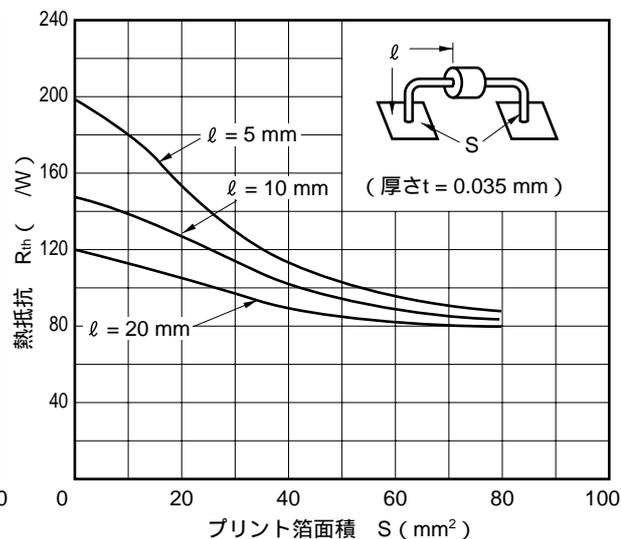


図6 S- R_{th} 特性例 (RD [] F)

より放熱をよくするためには、プリント配線板上の銅箔面積を大きくすればよいことになります。また注意しなければならないのは、RD [] EとRD [] Fのリード線径はそれぞれ、 $\phi 0.5$ mm, $\phi 0.8$ mmと異なり、その放熱効果も異なって、RD [] Eはリード長が小さい方が、RD [] Fはリード長が大きい方が放熱効果がよくなります。したがって図7, 8に示すようにP- T_A 定格の改善が行えます。

NNCD [] BのS- R_{th} 特性例を図9に、P- T_A 定格を図10に示します。

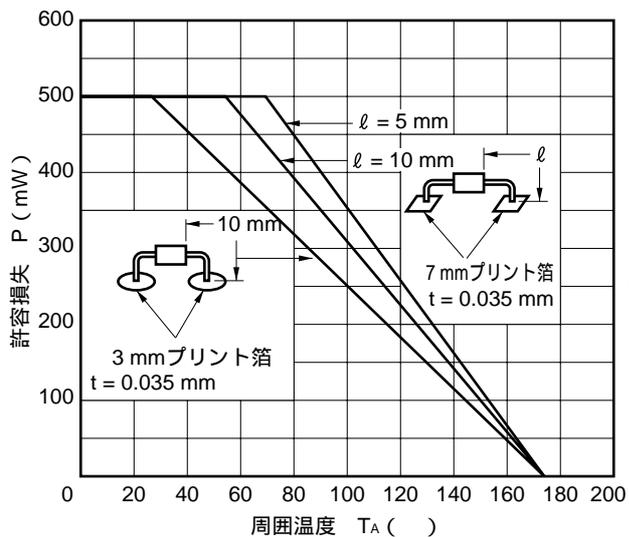


図7 P-TA定格 (RD2.0E ~ 120E)

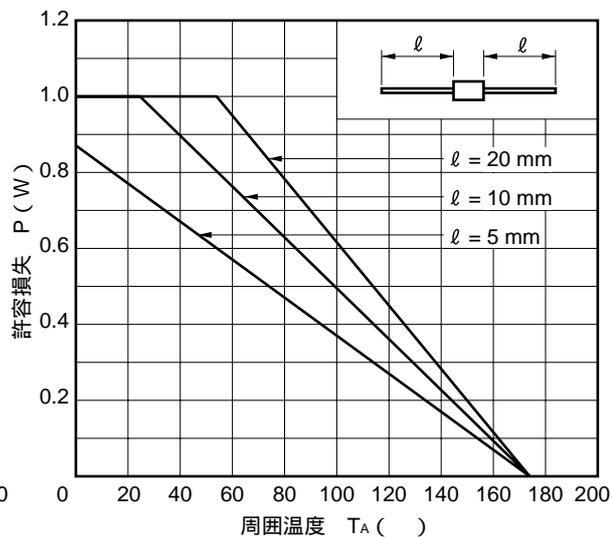


図8 P-TA定格 (RD [] F)

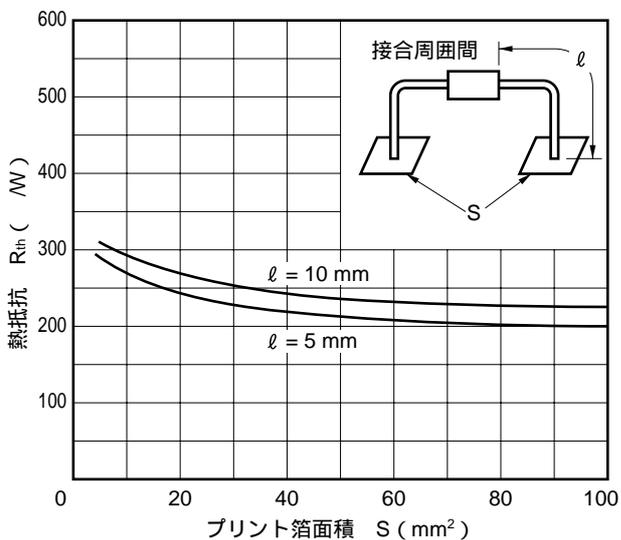


図9 S-Rth特性例 (NNCD [] B)

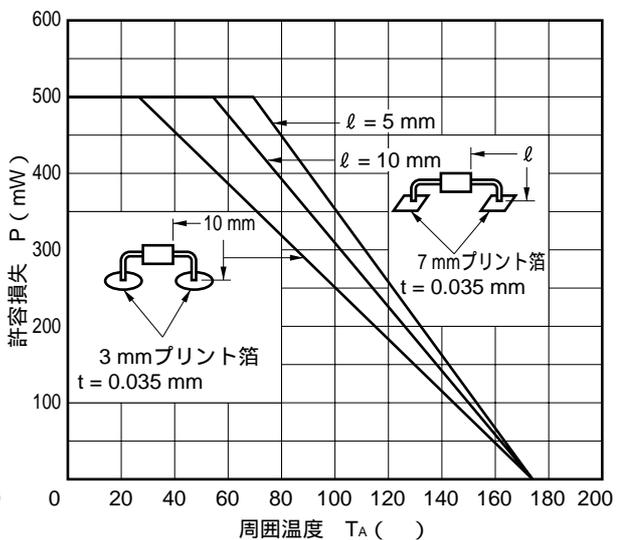


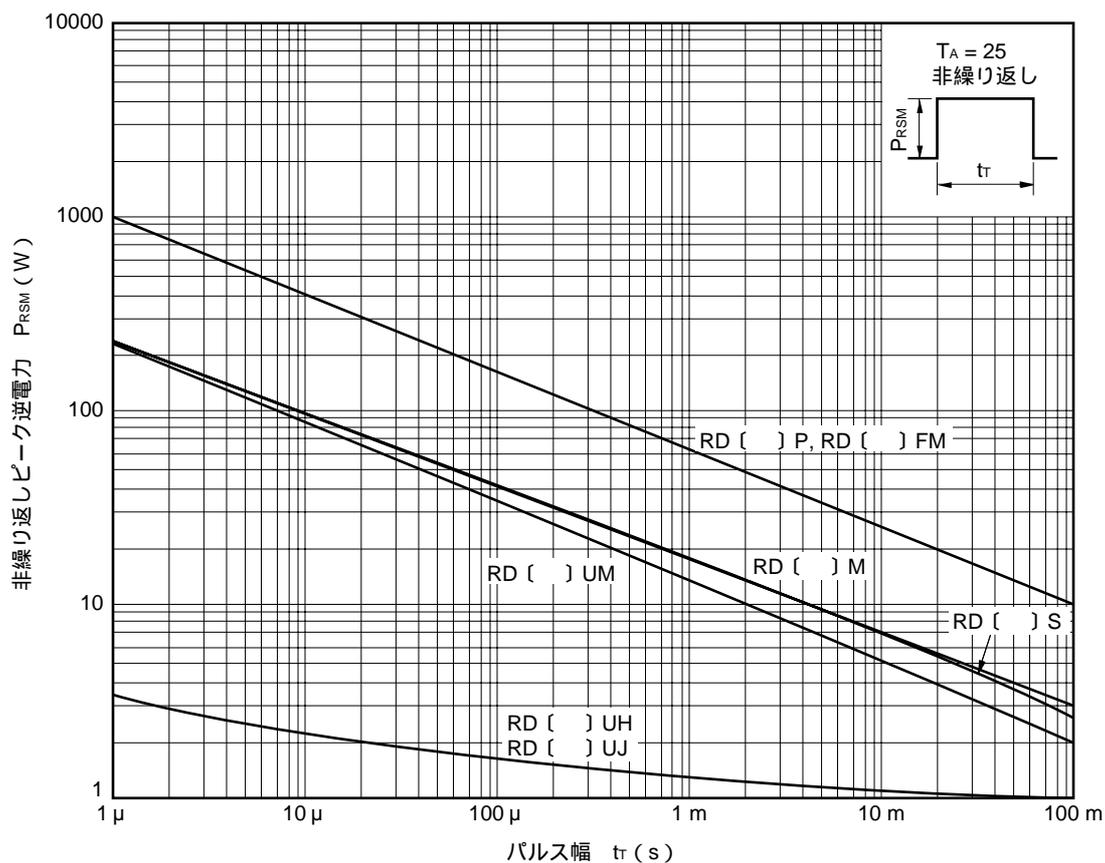
図10 P-TA定格 (NNCD [] B)

3.3 サージ逆電力定格

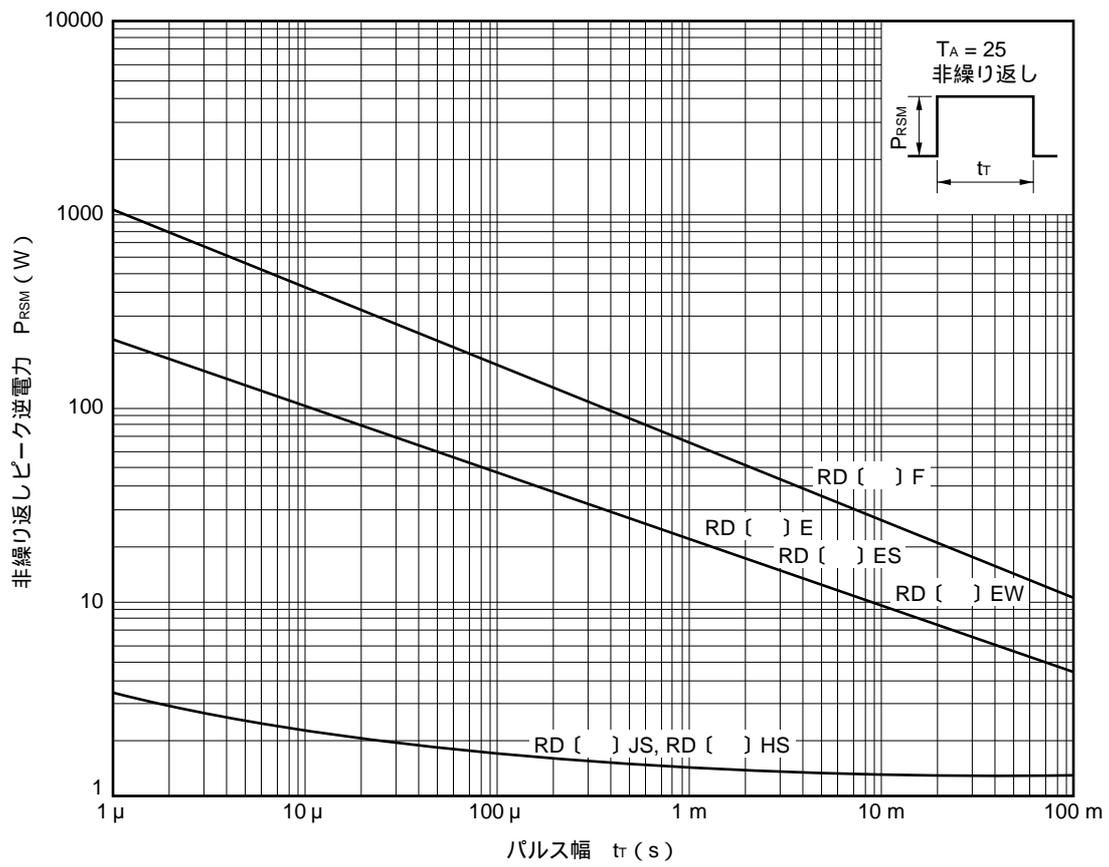
サージ逆電力定格は偶発的に発生，あるいは回路に侵入してくるサージ電圧，電流に対して定められた定格でデバイスの破壊評価によって定められており，その定格値での接合部温度は最大接合部温度 $T_{j(MAX.)}$ を越えているのが通常であり，このサージ逆電力定格を瞬時でも越えることは決してあってはなりません。

したがって使用する装置の寿命のうちで数十回～数百回に渡り，サージ逆電力が印加される場合には，本定格に対し1/2～1/3の低減が必要となります。

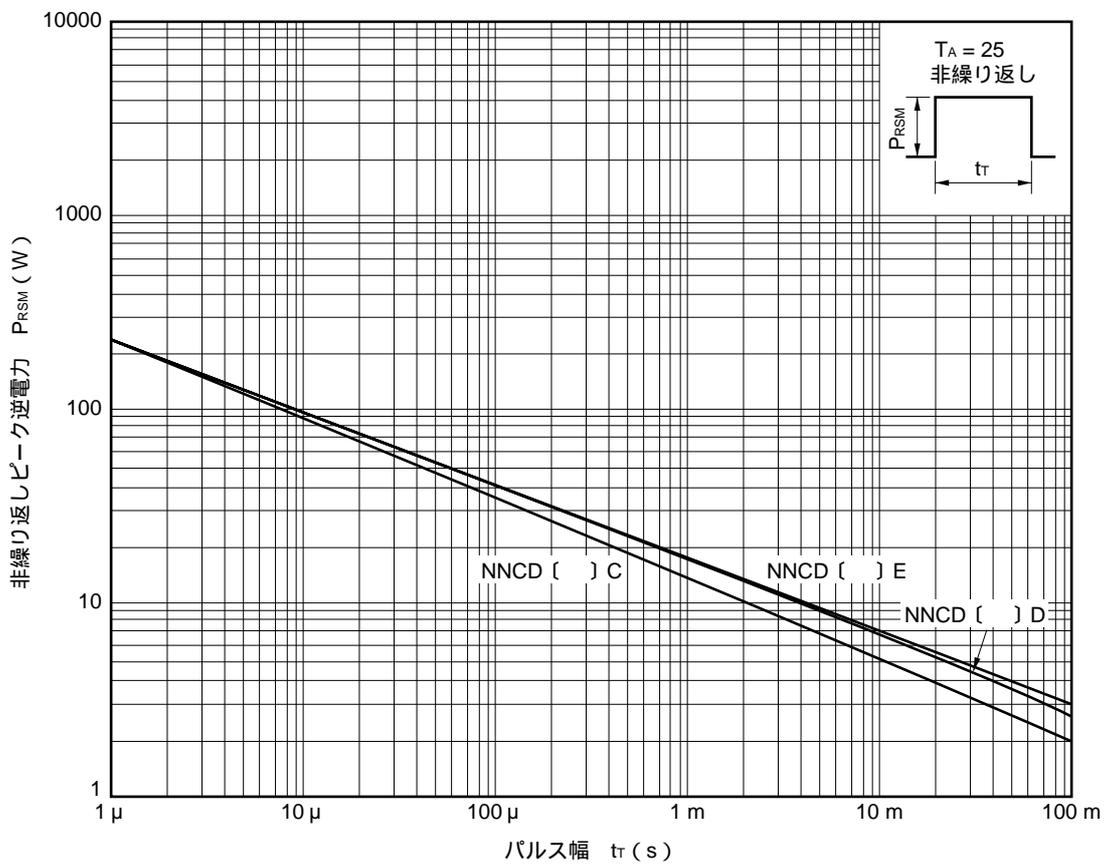
図11 サージ逆電力定格



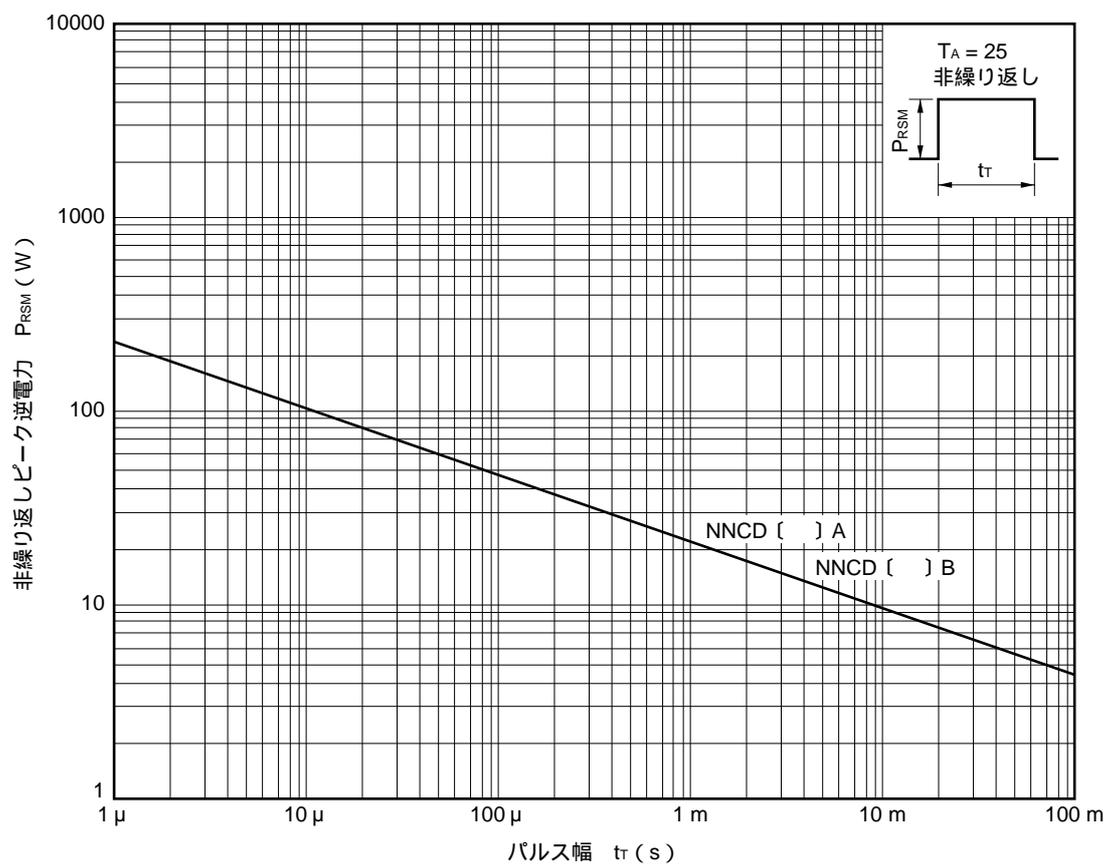
(a)



(b)



(c)



(d)

4. 定電圧ダイオードの特性

定電圧ダイオードの V_z - I_z 特性を図12に示します。

等価回路は図13のように表わすことができます。

ここで V_z は降伏現象が始まる電圧値と同じ電源、 Z_z は動作抵抗と呼ばれるものです。

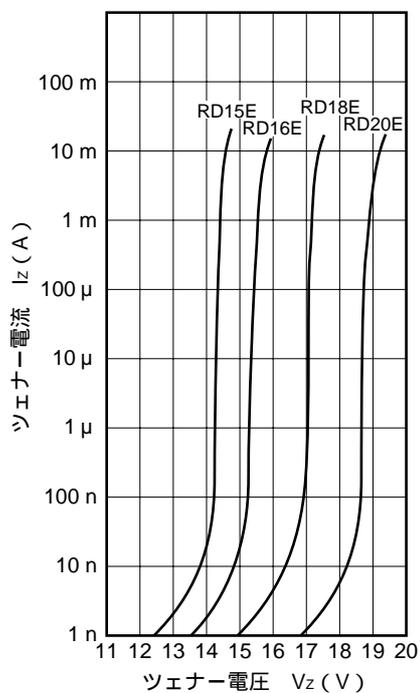
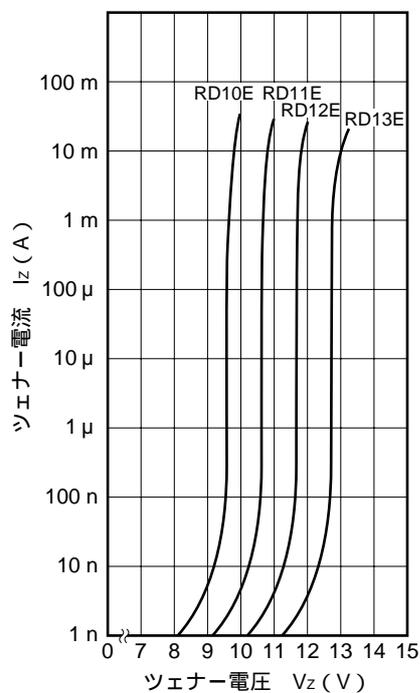


図12 V_z - I_z 特性例

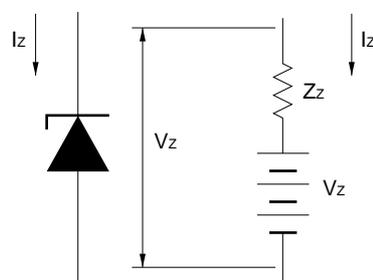


図13 定電圧ダイオード等価回路

4.1 ツェナー電圧 V_z とツェナー電流 I_z

ツェナー電圧 V_z は図12に示しますようにツェナー電流 I_z を大きくするとツェナー電圧 V_z も大きくなります。そのため、使用する際に次の注意が必要となります。

(注意点)

ツェナー電圧 V_z の規格は、あるツェナー電流 I_z でのツェナー電圧 V_z という形で決まっています。そのため、実際に使用するツェナー電流 I_z によってはその期待するツェナー電圧と異なる場合も考えられます。カタログで規定されているツェナー電圧の細区分規格に対し、代表的なツェナー電流 I_z について、そのバラツキを考慮したツェナー電圧の上限、下限を参考値として表示した定電圧ダイオードRDシリーズ V_z - I_z 関連表(インフォメーション資料No.DEI-602)があります。品名・規格を決定の目安としてご活用ください。

表1 Vz-Iz相関表 (インフォメーション DEI-602より抜粋)

品名	電圧細区分	ツェナー電圧 Vz (V)							
		パルス40ms <input type="checkbox"/> 参考値							
		Iz = 1 mA		Iz = 5 mA		Iz = 10 mA		Iz = 20 mA	
MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.		
RD2.0E	B1	1.24	1.38	1.55	1.73	1.69	1.89	1.88	2.10
	B2	1.32	1.45	1.66	1.82	1.80	1.98	2.02	2.20
RE2.2E	B1	1.38	1.51	1.73	1.89	1.89	2.08	2.12	2.30
	B2	1.45	1.59	1.83	2.00	2.00	2.18	2.22	2.41
RD2.4E	B1	1.52	1.64	1.91	2.08	2.10	2.28	2.33	2.52
	B2	1.59	1.72	1.99	2.17	2.18	2.38	2.43	2.63
RD2.7E	B1	1.65	1.83	2.08	2.27	2.28	2.50	2.54	2.75
	B2	1.76	1.94	2.21	2.42	2.43	2.65	2.69	2.91
RD3.0E	B1	1.87	2.08	2.34	2.57	2.58	2.80	2.85	3.07
	B2	2.00	2.18	2.49	2.70	2.72	2.94	3.01	3.22
RD3.3E	B1	2.12	2.31	2.67	2.84	2.87	3.09	3.16	3.38
	B2	2.26	2.42	2.78	2.98	3.03	3.24	3.32	3.53
RD3.6E	B1	2.35	2.54	2.90	3.13	3.17	3.40	3.47	3.68
	B2	2.47	2.69	3.05	3.28	3.32	3.55	3.62	3.83
RD3.9E	B1	2.64	2.86	3.22	3.46	3.48	3.72	3.77	3.98
	B2	2.75	3.01	3.36	3.62	3.63	3.88	3.92	4.14
RD4.3E	B1	2.91	3.15	3.52	3.77	3.78	4.03	4.05	4.26
	B2	3.07	3.34	3.68	3.95	3.95	4.19	4.20	4.40
	B3	3.27	3.54	3.87	4.13	4.11	4.35	4.34	4.53
RD4.7E	B1	3.38	3.69	4.03	4.27	4.26	4.48	4.47	4.65
	B2	3.51	3.84	4.15	4.40	4.38	4.60	4.59	4.77
	B3	3.65	4.14	4.29	4.65	4.56	4.84	4.71	4.91
RD5.1E	B1	3.85	4.31	4.49	4.81	4.70	4.94	4.85	5.03
	B2	4.16	4.74	4.69	5.10	4.85	5.15	4.97	5.18
	B3	4.43	4.96	4.90	5.32	5.02	5.34	5.12	5.35
RD5.6E	B1	4.77	5.16	5.15	5.43	5.23	5.49	5.29	5.52
	B2	5.19	5.60	5.38	5.65	5.42	5.69	5.46	5.70
	B3	5.43	5.77	5.58	5.85	5.61	5.88	5.64	5.88
RD6.2E	B1	5.70	6.00	5.75	6.04	5.77	6.05	5.81	6.06
	B2	5.90	6.22	5.94	6.33	5.96	6.24	5.99	6.24
	B3	6.06	6.37	6.09	6.38	6.12	6.39	6.16	6.40
RD6.8E	B1	6.20	6.53	6.20	6.55	6.28	6.57	6.32	6.59
	B2	6.39	6.72	6.43	6.75	6.47	6.77	6.52	6.79
	B3	6.56	6.90	6.63	6.91	6.65	6.95	6.70	6.97
RD7.5E	B1	6.76	6.11	6.80	7.14	6.84	7.16	6.88	7.19
	B2	6.99	7.33	7.03	7.35	7.07	7.38	7.11	7.41
	B3	7.21	7.56	7.25	7.59	7.29	7.61	7.33	7.64
RD8.2E	B1	7.40	7.79	7.45	7.82	7.50	7.85	7.56	7.90
	B2	7.66	8.04	7.70	8.07	7.76	8.10	7.82	8.15
	B3	7.91	8.30	7.96	8.33	8.01	8.36	8.07	8.41
RD9.1E	B1	8.24	8.64	8.27	8.67	8.30	8.67	8.33	8.70
	B2	8.51	8.95	8.53	8.96	8.56	8.96	8.61	8.99
	B3	8.79	9.25	8.82	9.26	8.85	9.26	8.89	9.29

4.2 ツェナー電圧Vzとツェナー電圧温度係数γz

ツェナー電圧Vzはチップ接合部の温度変化により変化します。その原因は1項で述べたように2つの降伏現象によるもので、その変化率すなわちツェナー電圧温度係数γzは次式で表わされます。

$$\gamma_z = \Delta V_z / \Delta T_j \dots\dots\dots (4.1) \quad \Delta V_z : \text{ツェナー電圧変化分}$$

$$\Delta T_j : \text{接合部温度変化分}$$

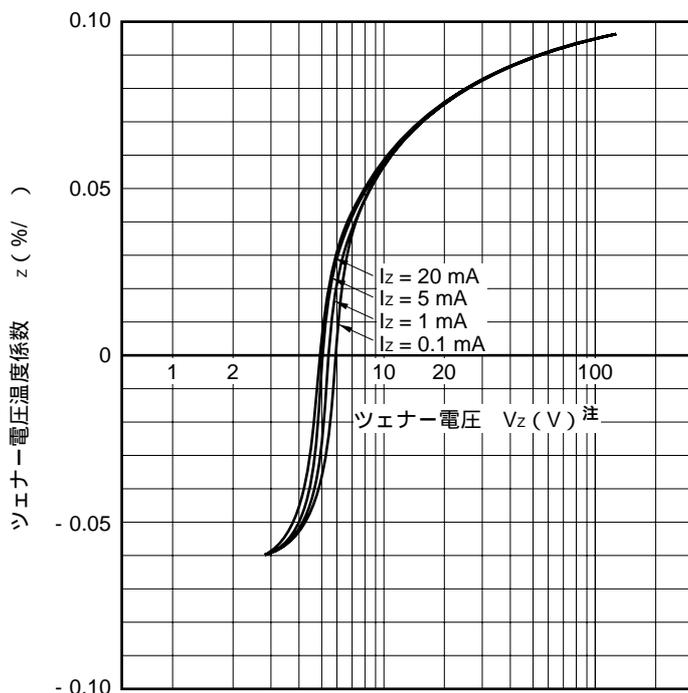
実際のツェナー電圧温度係数γz (周囲温度T1~T2) は一般的に次式で算出されます。

$$\gamma_z = \frac{V_z(T_2) - V_z(T_1)}{V_z(25) |T_2 - T_1|} \times 100 \quad (\% /) \dots\dots\dots (4.2)$$

この温度係数があるため、ツェナー電圧Vzを考える上で接合部温度の上昇等に対する考慮が必要となります。接合部温度の算出法は次章で詳細に説明しますが、次の3つの要因、周囲温度、実装方法、通電時間に対する考慮が必要です。

(注意点)

ツェナー電圧温度係数γzは、図14に示すようにツェナー電流Izによっても変わります。したがって使用ツェナー電流での評価が必要となります。



注 カタログのIz条件で測定したVz値を示す。

図14 ツェナー電圧温度係数

4.3 ツェナー電圧V_Zと周囲温度

周囲温度T_A = Tの場合のツェナー電圧は次式で表わされます。

$$V_Z(T_A=T) = V_Z(T_A=25) + \frac{V_Z(T_A=25) \times \gamma_Z \times (T - 25)}{100} \dots\dots\dots (4.3)$$

(注視点)

精度が要求される計測器等の装置は、その周囲温度に対し、十分な配慮が必要となります。そういった装置の基準電源として定電圧ダイオードを使用する場合、一般の定電圧ダイオードでなく、電圧標準ダイオードの使用をお奨めいたします。

(参考)

電圧標準ダイオード

精度が要求される装置のために、ツェナー電圧温度係数 γ_Z が小さくなるように、特に設計された定電圧ダイオードで、その原理は一般のダイオードの順電圧V_F (γ_Z が負)を利用して、正のツェナー電圧温度係数 γ_Z を相殺するものです。

次の3品種群があります。

パッケージ		DO-35		DO-35	
V _Z (V) TYP.		6.2		6.4	
γ _Z (%/°C) 注	0.01		1SZ50		1SZ45A
	0.005		1SZ51		1SZ46A
	0.002		1SZ52	1SZ47	1SZ47A
	0.001	1SZ53		1SZ48	1SZ48A
T _A (°C)		0 ~ 75	- 25 ~ + 75	- 10 ~ + 60	- 40 ~ + 100

注 ツェナー電圧温度係数 γ_Z の規定方法

1SZ45Aシリーズ, 1SZ53

$$\gamma_Z = \frac{V_Z}{T_A(\text{MAX.}) - T_A(\text{MIN.})} \times \frac{100}{V_Z}$$

ただし, ΔV_ZはT_A(MIN.), 25, T_A(MAX.)

におけるV_Zの最大値と最小値の差。

1SZ50 ~ 1SZ52

γ_{ZL}, γ_{ZH}のうち, 絶対値の大きい方をγ_Zとする。

$$\gamma_{ZL} = \frac{V_{ZL}}{T_{A2} - T_{A1}} \times \frac{100}{V_{Z2}} \quad \gamma_{ZH} = \frac{V_{ZH}}{T_{A3} - T_{A2}} \times \frac{100}{V_{Z2}}$$

T_{A1} = - 25 T_{A2} = 25 T_{A3} = 75

ΔV_{ZL}; T_{A1}, T_{A2}におけるV_Zの最大値と最小値の差。

ΔV_{ZH}; T_{A2}, T_{A3}におけるV_Zの最大値と最小値の差。

4.4 ツェナー電圧V_Zと通電時間

ツェナー電圧V_Zは通電による損失Pで接合部温度T_jが上昇するため変化します。その接合部温度の算出法は次頁で詳細に説明しますが、通電時間が短い場合、次式でそのツェナー電圧のドリフトが表わされます。

$$V'_Z = V_Z + I_Z \cdot V_Z \cdot Z_{th(t-t')} \cdot \gamma_Z \dots\dots\dots (4.4)$$

(接合部温度上昇分)

- V_Z : 初期t時間後のツェナー電圧 (V)
- V'_Z : t'時間後のツェナー電圧 (V)
- I_Z : ツェナー電流 (A)
- Z_{th(t-t')} : t'とt時の過渡熱インピーダンス差 (/W)
- γ_Z : ツェナー電圧温度係数 (V/)

(注意点)

ツェナー電圧の定常値をパルス測定により、相関保証するには、熱抵抗R_{th}、ツェナー電圧温度係数γ_Zのパラツキにより、相当のマーヅンを必要とします。したがって、たとえば±2 %程度の定常値保証は困難です。このためツェナー電圧の規定にはパルス法 (V_Zを通電t_p後の測定値とする方法) が用いられ、そのパルス幅t_pはt_p = 40 msが主流となっています。したがって実使用にあわせた通電時間のツェナー電圧を上式より算出することが必要です。

4.5 ツェナー電圧V_Zと実装方法

ツェナー電圧V_Zは通電時間が長ければ熱平衡状態となり、定常値をとります。この定常値は3. 2項の熱抵抗R_{th}を用いて次式で表されます。

$$V'_Z = V_Z + I_Z \cdot V_Z \cdot (R_{th} - Z_{th}(t)) \cdot \gamma_Z \dots\dots\dots (4.5)$$

(接合部温度上昇分)

- V_Z : 初期t時間後のツェナー電圧
- V'_Z : 定常値
- R_{th} : 熱抵抗
- Z_{th(t)} : t時の過渡熱抵抗
- γ_Z : ツェナー電圧温度係数

3. 2項で述べたように熱抵抗は、その実装方法によりその値が変わります。したがって熱抵抗が小さくなるようにする方が、ツェナー電圧V_Zがその損失による影響で変化することを抑えることができます。

熱抵抗を小さくするには、図5, 6に示されているようにプリント箔面積を大きくし、RD〔 〕Eでは、リード長を短くRD〔 〕Fではリード長を長くする実装上の工夫で行えます (2項参照)。

5. ノイズクリッピングダイオードのESD耐量

ノイズクリッピングダイオードは、現在国際的な動きにある、エレクトロニクス機器に対して雑音排除能力（イミュニティ）を有することの要求項目である静電気放電試験（IEC61000-4-2）に準拠し、接触放電にて

高ESD耐量タイプ 30 kV

低容量タイプ 8 kV

を保証いたします。

図15にIEC61000-4-2による静電気放電試験回路を、表2に規格を示します。

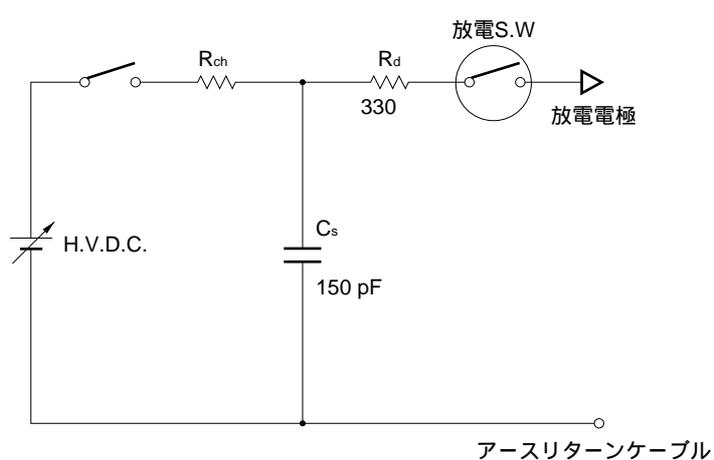


図15

表2 規格

レベル	試験電圧 接触放電	レベル	試験電圧 気中放電
1	2 kV	1	2 kV
2	4 kV	2	4 kV
3	6 kV	3	8 kV
4	8 kV	4	15 kV
X	Special	X	Special

6. 接合部温度の算出法

接合部温度は、一般に次式で算出されます（3項（3.1）式参照）。

$$T_j = R_{th} \cdot P + T_A \dots\dots\dots (6.1)$$

R_{th} : 熱抵抗
 P : 電力損失
 T_A : 周囲温度

6.1 パルス電力損失の場合の接合部温度の算出法

消費電力がパルス状の場合に新たに過渡熱インピーダンスを用いなくては正確な接合部温度が求まりません。ここでは、定電圧ダイオードがサージ吸収、レベルシフト等通電電流が変化する用途にも使用されるため、パルス電力損失時の接合部温度の算出法について述べます。

(1) 過渡熱インピーダンスについて

過渡熱インピーダンスとはパルス状の電力損失における熱の伝導度の逆数を意味します。電力損失によってチップ接合部で発生した熱は、その構造（ガラス封止、プラスチック封止）によって経路に若干の相違はありますが大筋は下記のような経路になります。

接合部 チップ（シリコン） ケース（放熱板） 周囲

一般に接合部-ケース間、ケース-周囲間が定常状態になるのは前者が1～10秒、後者が数分を要します。したがって短いパルス状の電力損失の場合は、温度上昇が接合部の近傍に限られてきて、放熱とは結びつかなくなります。

一般的に短いパルス幅においては過渡熱インピーダンスは下式で近似されます。

$$Z_{th} = \frac{R_{th}}{\sqrt{t}} \quad Z_{th} : \text{過渡熱インピーダンス}$$

t : パルス幅

(2) パルス電力損失の場合の接合部温度の算出方法について

基本的には電力損失を方形波に近似し、下式と重ね合わせの理を用いて接合部温度を算出します。

$$\Delta T_j = Z_{th}(t) \cdot P \dots\dots\dots (6.2)$$

ΔT_j : 接合部温度の上昇分
 $Z_{th}(t)$: パルス幅tにおける過渡熱インピーダンス
 P : 電力損失

(i) 不規則な繰返し方形波電力損失

図16に示したのは不規則な方形波電力損失に対する接合部温度上昇の求め方です。

$t = t_0$ から無限に続く正の階段状電力損失 P_1 が印加され、その後 $t = t_1$ から無限に続く負の階段状電力損失が加わったものと考え、以下これを P_2, P_3, P_4 に適用し、重ね合わせの理によって求めます。計算結果は以下のようになります。

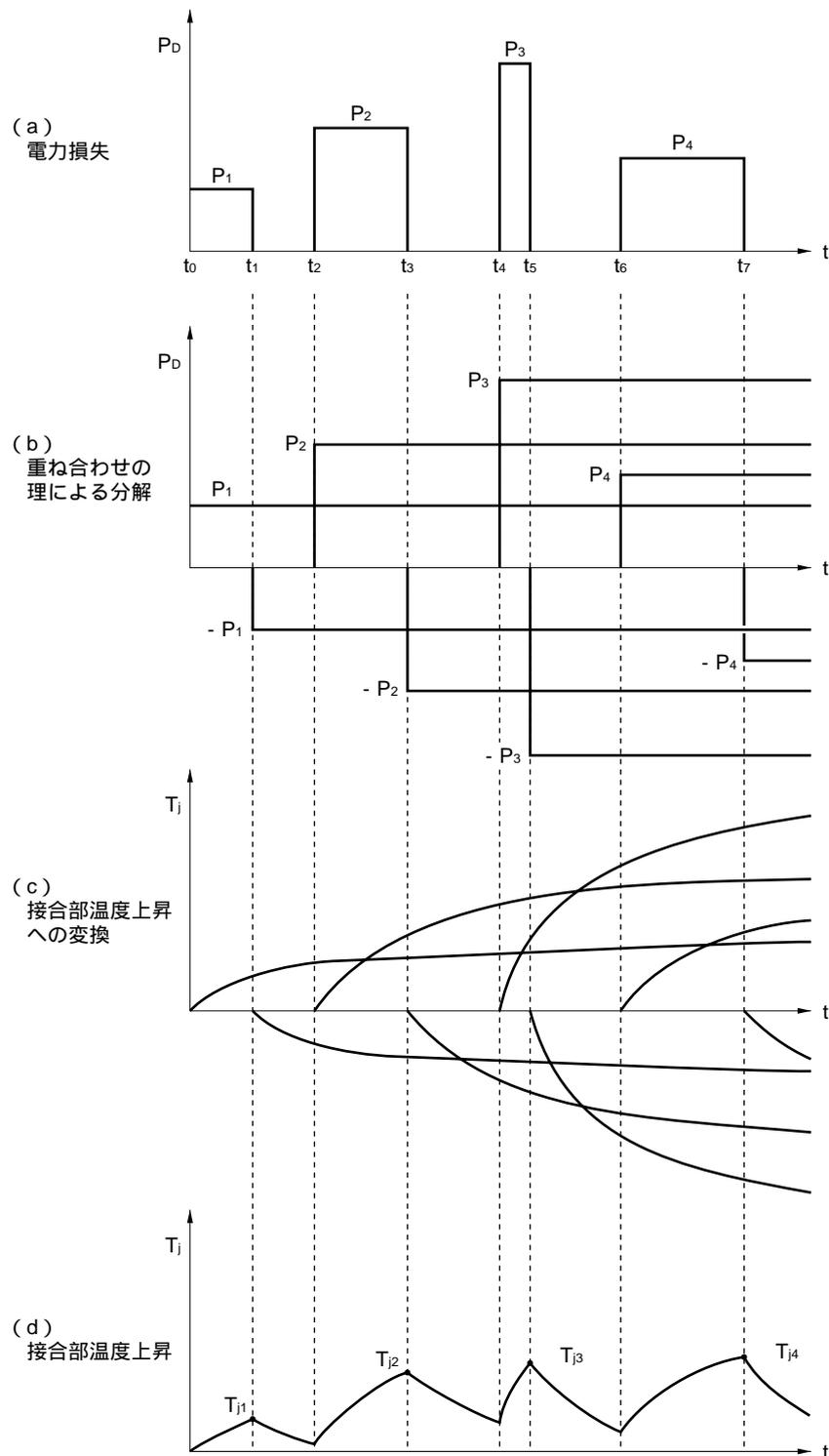


図16 不規則な繰返し方形波電力損失の場合の接合部温度上昇の求め方

$$\begin{aligned} \Delta T_{j1} &= P_1 \cdot Z_{th} (t_1 - t_0) \\ \Delta T_{j2} &= P_1 [Z_{th} (t_3 - t_0) - Z_{th} (t_3 - t_1)] + P_2 Z_{th} (t_3 - t_2) \\ \Delta T_{j3} &= P_1 [Z_{th} (t_5 - t_0) - Z_{th} (t_5 - t_1)] \\ &\quad + P_2 [Z_{th} (t_5 - t_2) - Z_{th} (t_5 - t_3)] + P_3 Z_{th} (t_5 - t_4) \\ \Delta T_{j4} &= P_1 [Z_{th} (t_7 - t_0) - Z_{th} (t_7 - t_1)] \\ &\quad + P_2 [Z_{th} (t_7 - t_2) - Z_{th} (t_7 - t_3)] \\ &\quad + P_3 [Z_{th} (t_7 - t_4) - Z_{th} (t_7 - t_5)] + P_4 Z_{th} (t_7 - t_6) \end{aligned}$$

一般式で示すと

$$T_{jn} = \sum_{i=1}^n P_i [Z_{th} (t_{2n-1} - t_{2i-2}) - Z_{th} (t_{2n-1} - t_{2i-1})] \dots\dots\dots (6.3)$$

- P_1, P_2, \dots, P_n : 電力損失
- $\Delta T_{j1}, \Delta T_{j2}, \dots, \Delta T_{jn}$: P_1, P_2, \dots, P_n の終わりにおける接合部温度上昇
- t_0, t_1, \dots, t_n : 電力損失の始めと終わりの時間
- $Z_{th} (t_x - t_y)$: パルス幅 $(t_x - t_y)$ における過渡熱インピーダンス

(ii) 繰返し方形波電力損失

図17に示したのは規則的な繰返し方形波電力損失に対する接合部温度上昇の求め方です。

このような電力損失波形に対しては全期間平均分から飛出す部分2～3波を合わせて計算する方法が算出も容易で精度が高く有効です。

具体的には電力損失波形の近似 (b) から $\frac{t}{T} P_0$ を 時間印加し, さらに $(1 - \frac{t}{T}) P_0$ を $(t+T)$ 時間, $-P_0$ が T 時間, P_0 を t 時間印加して, 接合部温度上昇分を求めます。計算結果は

$$\begin{aligned} T_{j(\text{peak})} &= \frac{t}{T} P_0 R_{th} + (1 - \frac{t}{T}) P_0 Z_{th} (T+t) - P_0 Z_{th} (T) + P_0 Z_{th} (t) \\ &= P_0 [\frac{t}{T} R_{th} + (1 - \frac{t}{T}) Z_{th} (T+t) - Z_{th} (T) + Z_{th} (t)] \dots\dots\dots (6.4) \end{aligned}$$

- $\Delta T_{j(\text{peak})}$: 接合部温度上昇の最大値
- P_0 : 電力損失
- t : 電力損失のパルス幅
- T : 周期
- R_{th} : 熱抵抗
- $Z_{th} (t)$: パルス幅 t における過渡熱インピーダンス

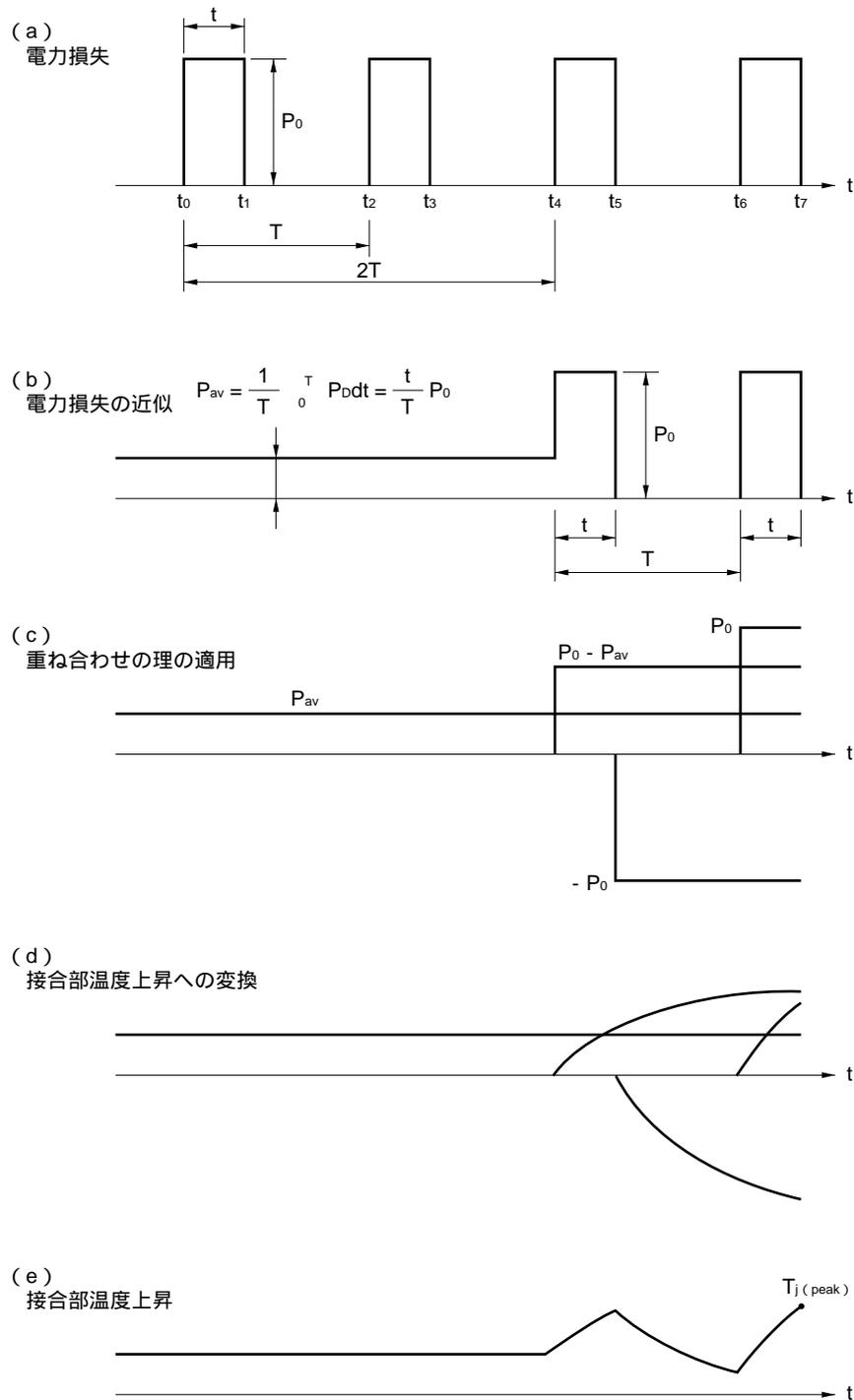


図17 規則的な繰返し方形波電力損失の場合の接合部温度上昇の求め方

(iii) 非方形波電力損失の方形波への近似

実際の電力損失波形は、複雑な形をしているため、方形波に近似した後、(i)、(ii)で述べた手法を用いて接合部温度を求めます。

図18において(a)のようにほぼ方形波に近い場合は波高値を同一とし、パルス幅は面積が同一となる幅とします。

(b)に示した正弦波と三角波については、波高値を $0.7 \times P_P$ としてパルス幅をそれぞれ $0.91 \times t$ 、 $0.71 \times t$ とします(面積が同一となります)。

(c)のような複雑な波形については、波形を数個の方形波として面積が同一となるように近似します。

これらの波形の近似の際注意を要することは同じ電力損失でも近似の方法によって、その計算結果に大きな差を生ずる場合があります。

これは同一のエネルギーに対しての接合部温度の上昇は、波高値が大でパルス幅が短い場合と、波高値が低くパルス幅が長い場合では前者の方が激しいためです。

図19の(a)と(b)とでは、(b)のように細区分する方が、より実際の温度上昇に近づくわけで経済設計上好ましい方法と言えます。

なお、図18の(b)で示した近似では $\Delta T_j = 62$ となり、ほぼ図19(b)における値と等しくなります。

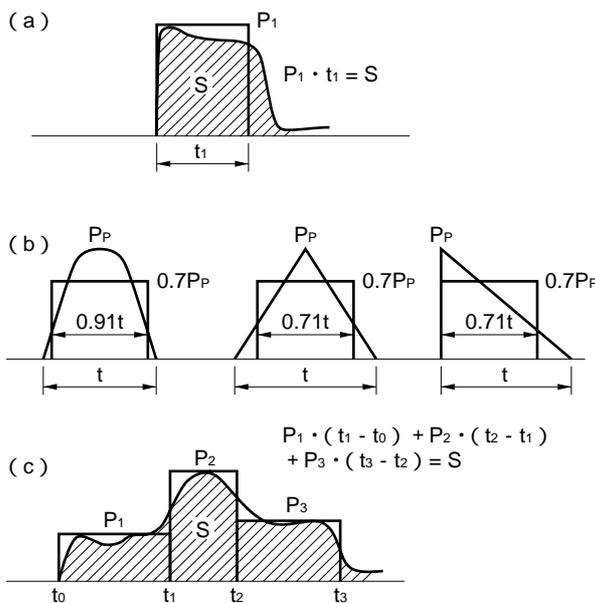


図18 電力損失の方形波への近似

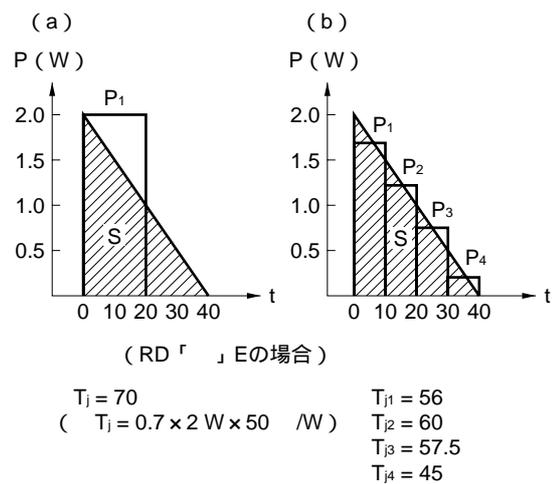


図19 三角波電力損失における接合部温度上昇

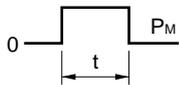
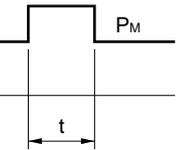
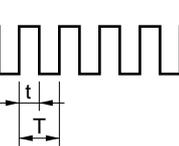
7. パルス電力に対する許容電力について

定電圧ダイオードの使用用途としては、図24の基本回路例に示すように定電圧回路、定電流回路レベルシフト、固定バイアス-レベルシフト、クリッパ、リミッタ、スライサ、サージ吸収の用途に大別できます。

回路例からもわかるように、パルス電力で使用される場合も多く、それは次の3つに大別されます。

- (1) 単発パルス
- (2) 連続DC電力の上に単発パルス電力が印加される場合
- (3) 繰返しパルス電力

これらの許容電力は6項の接合部温度の算出法に基づき次のように計算されます（電力波形の近似方法についても6項を参照願います）。

負荷の種類	電力波形	許容電力（波高値）
単発パルス負荷		$P_M = \frac{T_j - T_A}{Z_{th}(t)} \dots\dots\dots (1)$
連続DC負荷の上に単発パルス負荷が重畳される負荷		$P_M = \frac{T_j - T_A - P_Z \cdot R_{th}}{Z_{th}(t)} + P_Z \dots\dots\dots (2)$
連続繰返しパルス負荷		$P_M = \frac{T_j - T_A}{\frac{t}{T} R_{th} + \left(1 - \frac{t}{T}\right) Z_{th}(t+T) - Z_{th}(T) + Z_{th}(t)} \dots\dots\dots (3)$

ただし

R_{th}	: 定常時の熱抵抗	T_j	: 接合部温度定格値
$Z_{th}(t)$: t時の過渡熱インピーダンス		
$Z_{th}(T)$: T時の過渡熱インピーダンス		
$Z_{th}(t+T)$: t+T時の過渡熱インピーダンス		

図20～図23に当社定電圧ダイオードの過渡熱インピーダンス特性を示します。

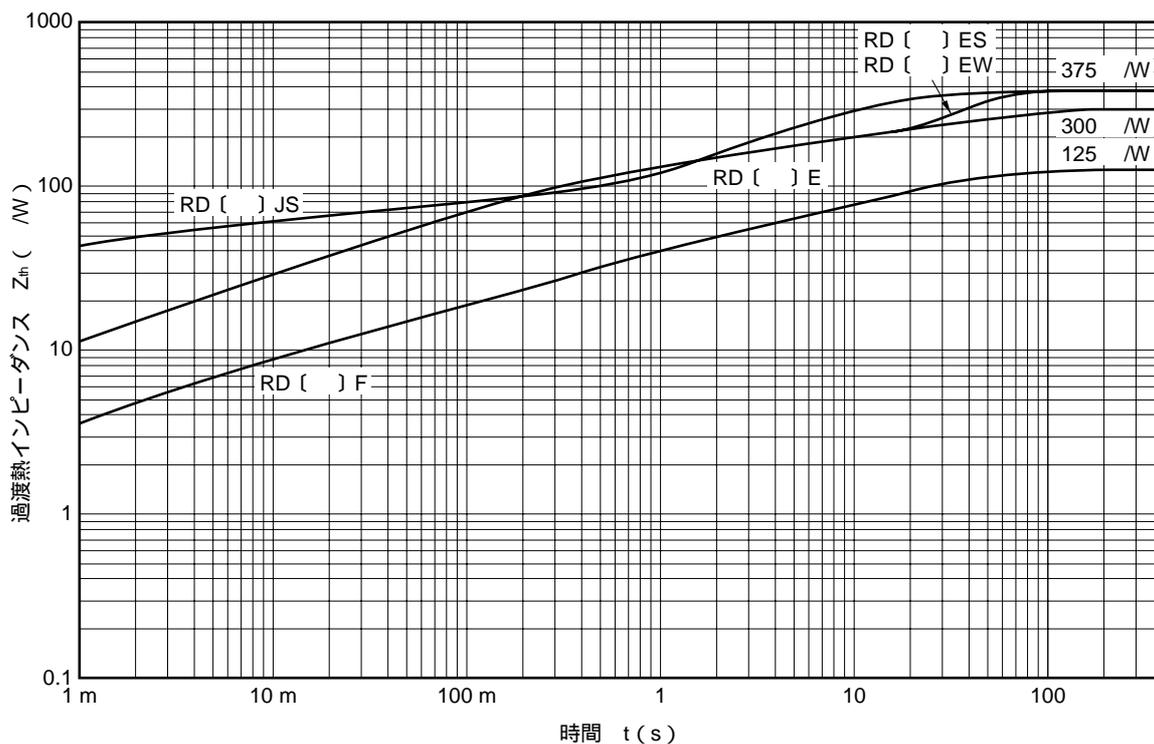


図20 過渡熱インピーダンス特性

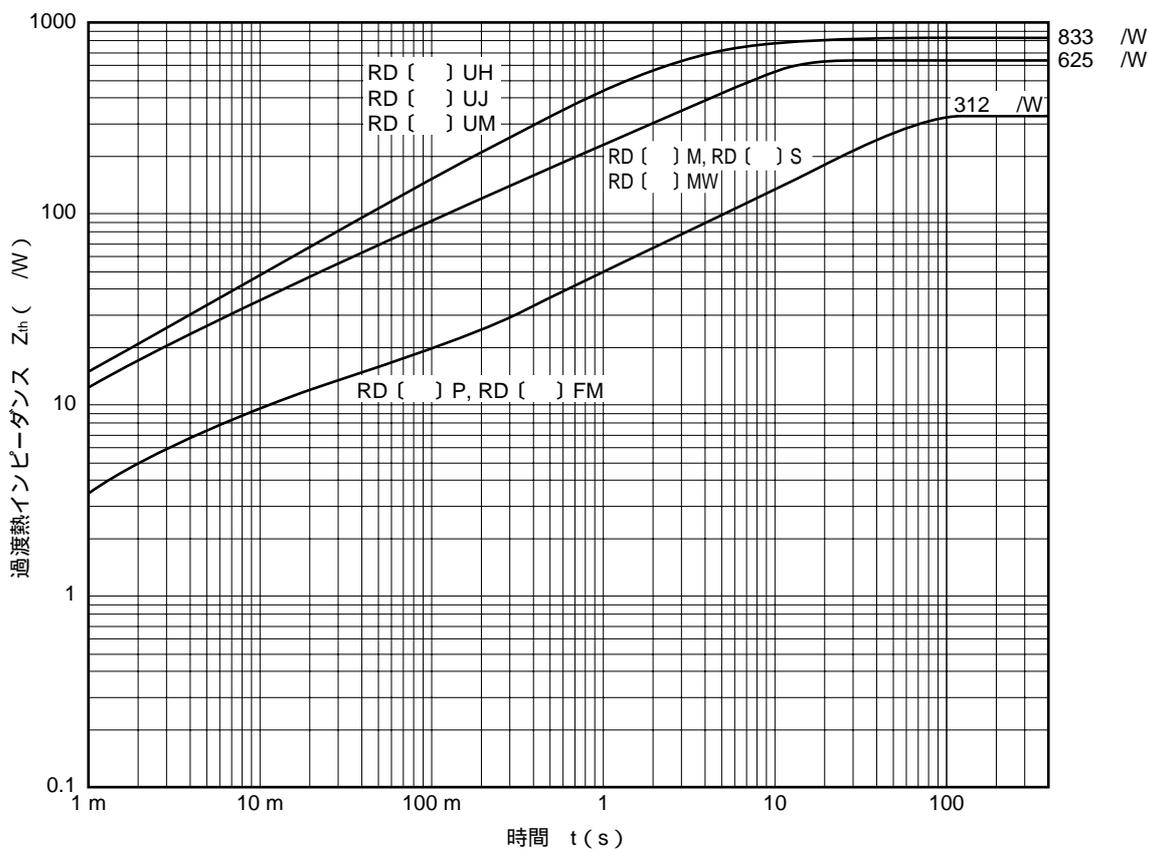


図21 過渡熱インピーダンス特性^注

注 順方向特性における計測値

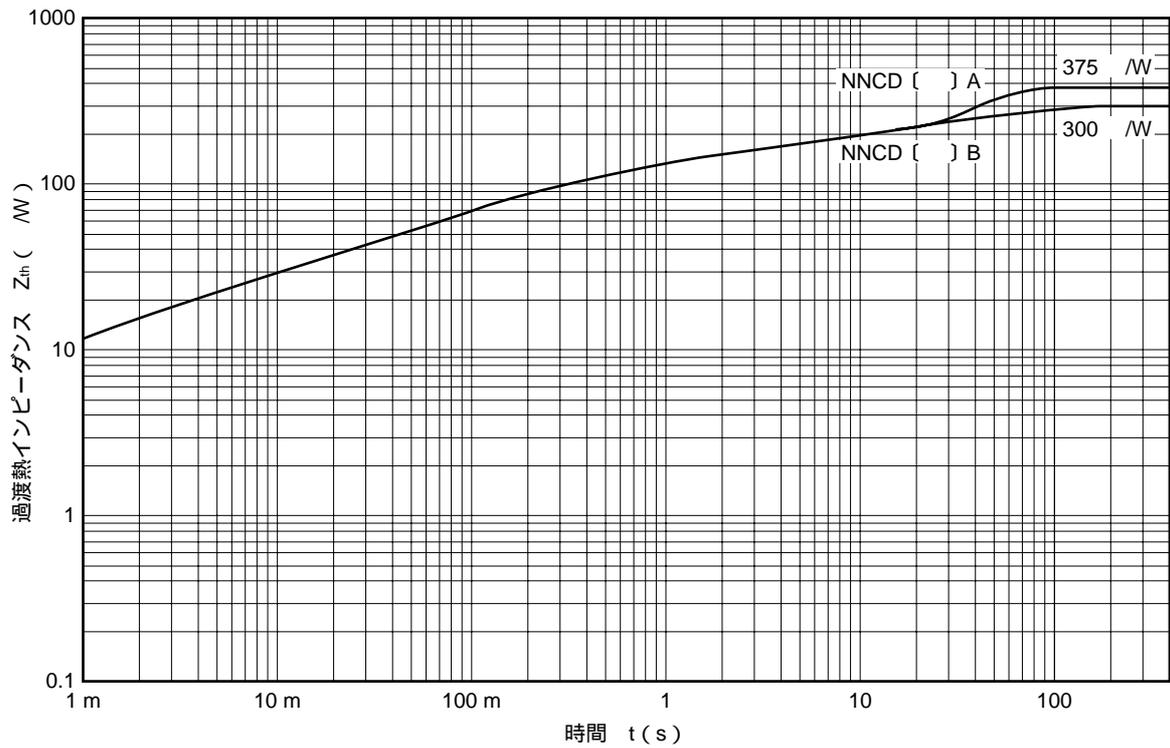


図22 過渡熱インピーダンス特性

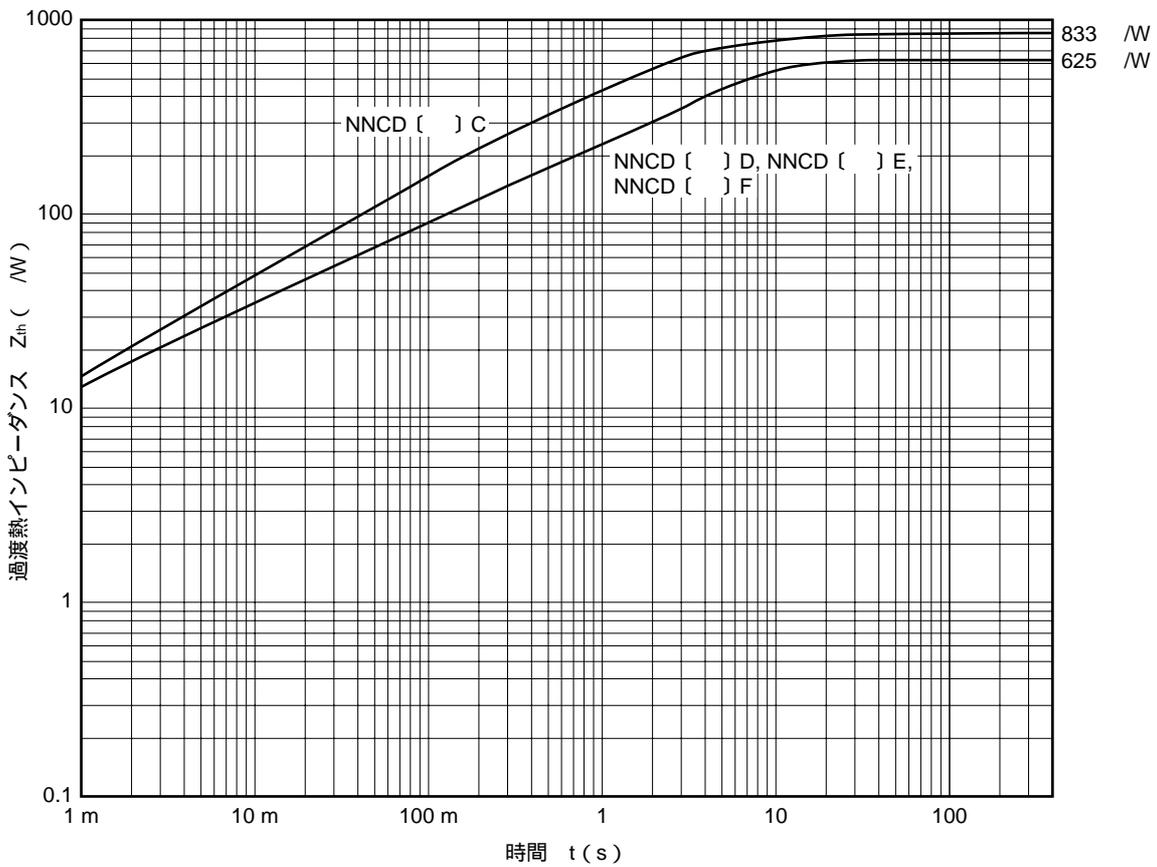


図23 過渡熱インピーダンス特性^注

注 順方向特性における計測値

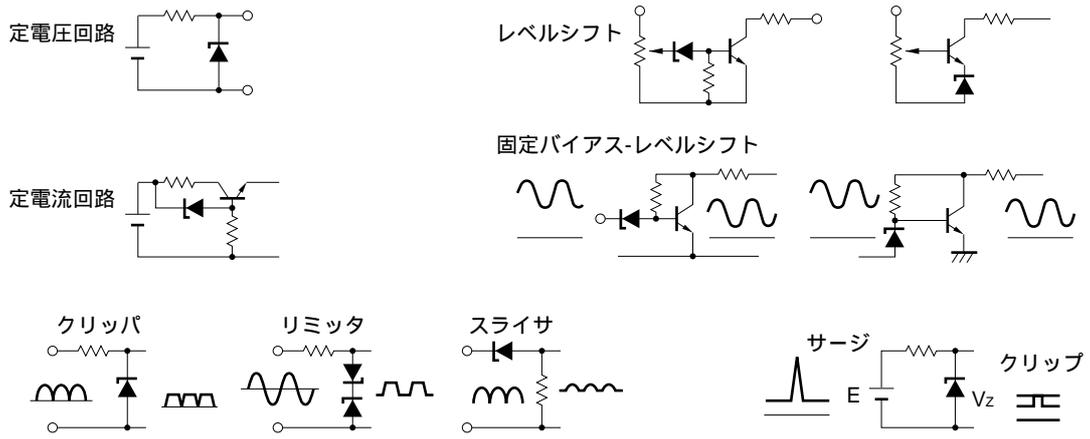


図24 基本回路例

8. おわりに

これまで述べてきました点に留意して、定電圧ダイオードを使用するに際して、カタログ記載項目、データ等を有効に活用して頂き、さらにNEC定電圧ダイオードRDシリーズをご愛顧くださいますようお願い申し上げます。

[メモ]

[メモ]

— お問い合わせ先 —

【技術的なお問い合わせ先】

NEC半導体テクニカルホットライン
(電話：午前 9:00～12:00，午後 1:00～5:00)

電話 : 044-548-8899
FAX : 044-548-7900
E-mail : s-info@saed.tmg.nec.co.jp

【営業関係お問い合わせ先】

第一販売事業部

東京 (03)3798-6106, 6107,
6108

名古屋 (052)222-2375

大阪 (06)6945-3178, 3200,
3208, 3212

仙台 (022)267-8740

郡山 (024)923-5591

千葉 (043)238-8116

第二販売事業部

東京 (03)3798-6110, 6111,
6112

立川 (042)526-5981, 6167

松本 (0263)35-1662

静岡 (054)254-4794

金沢 (076)232-7303

松山 (089)945-4149

第三販売事業部

東京 (03)3798-6151, 6155, 6586,
1622, 1623, 6156

水戸 (029)226-1702

広島 (082)242-5504

高崎 (027)326-1303

鳥取 (0857)27-5313

太田 (0276)46-4014

名古屋 (052)222-2170, 2190

福岡 (092)261-2806

【資料の請求先】

上記営業関係お問い合わせ先またはNEC特約店へお申しつけください。

【インターネット電子デバイス・ニュース】

NECエレクトロニクスデバイスの情報がインターネットでご覧になれます。

URL(アドレス) <http://www.ic.nec.co.jp/>

アンケート記入のお願い

お手数ですが、このドキュメントに対するご意見をお寄せください。今後のドキュメント作成の参考にさせていただきます。

[ドキュメント名] ユーザーズ・マニュアル 定電圧ダイオードおよびノイズクリッピングダイオードの使用上の諸注意
(D14724JJ3V0UM00 (第3版))

[お名前など] (さしつかえのない範囲で)

御社名(学校名, その他) ()
ご住所 ()
お電話番号 ()
お仕事の内容 ()
お名前 ()

1. ご評価 (各欄に をご記入ください)

項 目	大変良い	良 い	普 通	悪 い	大変悪い
全体の構成					
説明内容					
用語解説					
調べやすさ					
デザイン, 字の大きさなど					
その他 ()					
()					

2. わかりやすい所 (第 章, 第 章, 第 章, 第 章, その他)

理由 []

3. わかりにくい所 (第 章, 第 章, 第 章, 第 章, その他)

理由 []

4. ご意見, ご要望

5. このドキュメントをお届けしたのは

NEC販売員, 特約店販売員,
その他 ()

ご協力ありがとうございました。

下記あてにFAXで送信いただくか、最寄りの販売員にコピーをお渡しください。

NEC半導体テクニカルホットライン

FAX : (044) 548-7900