

ダイオード

ツェナーダイオード

1. ツェナーダイオードの特性

一般に接合形ダイオードに逆方向の電圧を印加すると、ある電圧の点で急激な降伏現象が現れます。これはツェナー降伏または、電子なだれ降伏と呼ばれる現象で、シリコンダイオードでは5V~6Vを境にして、それより低い場合にはツェナー降伏現象が、高い場合には電子なだれ降伏現象が起こります。

- PN接合の空乏層の厚さが数十nm以下の場合、ほとんどトンネル現象によってPN接合を通過し、急激に電流を流す現象をツェナー降伏現象といいます。
- 空乏層内の強電界によって電子が加速され結晶内の原子と衝突し、価電子をたたき出し、電子正孔対を作るようになります。さらにこの電子正孔対も強電界で加速され別の原子に衝突し、価電子をたたき出し、さらに電子正孔対を作る現象を電子なだれ降伏現象といいます。

1.1 電圧 電流特性

図1.1では、ツェナーダイオードの電圧 電流特性を示したもので、順方向領域、飽和領域、降伏領域の3つの領域に大別されます。

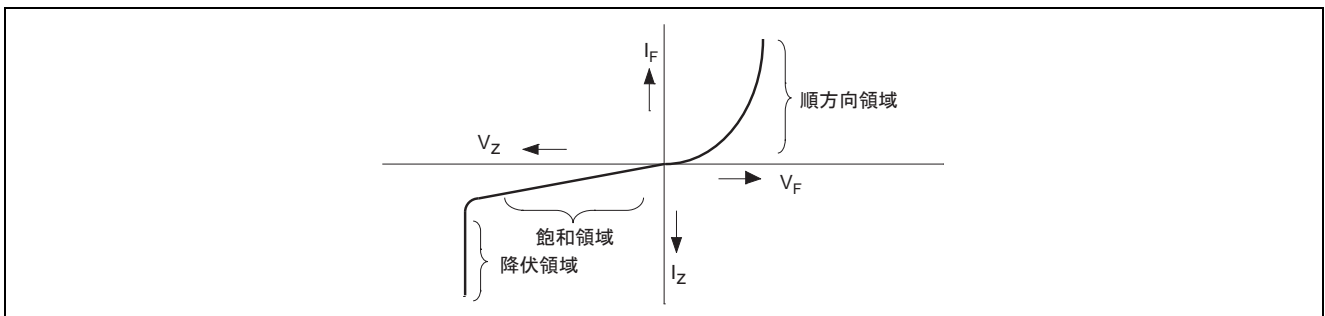


図 1.1 ツェナーダイオードの電圧 電流特性

1.1.1 順方向領域

ツェナーダイオードの順方向領域は、一般整流用ダイオードと同様の図1.2に示す特性を持っており、電圧 電流特性は次式で示される値をとりますが、順方向バイアスを印加する場合は当社営業窓口にご相談ください。

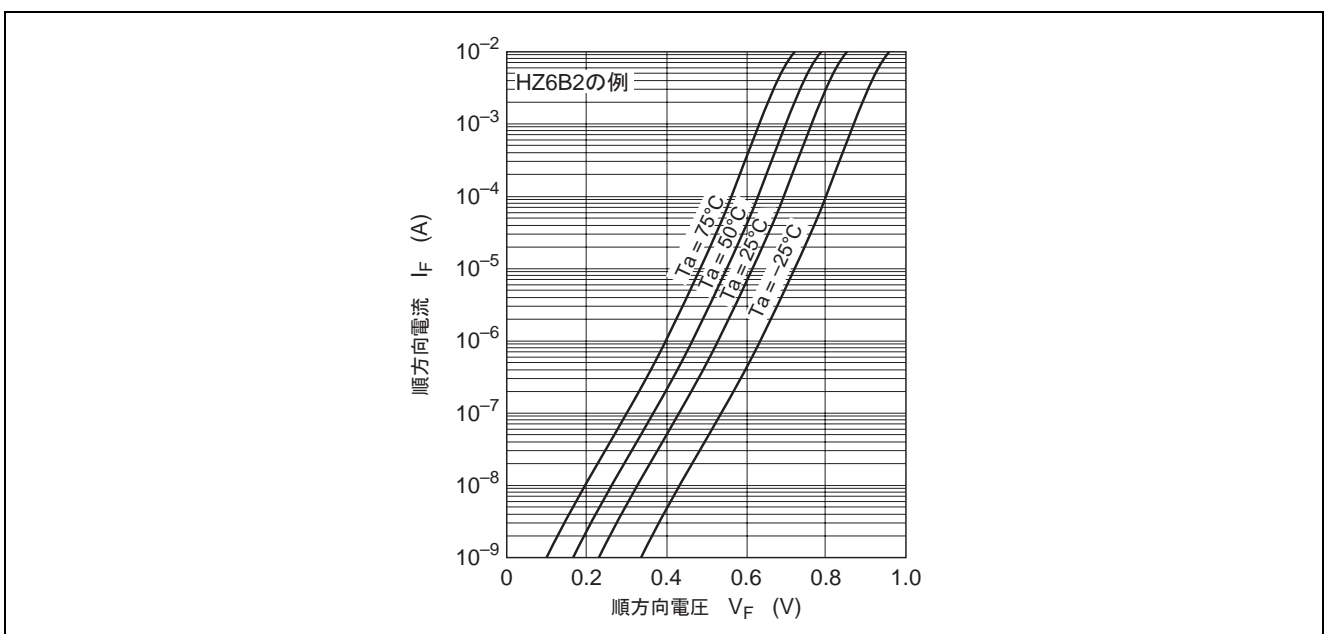


図 1.2 順方向特性の例 (参考データ)

$$I_F = \text{Const} [\exp(qv / nKT) - 1]$$

ただし, q = 単位電荷

v = 接合部印加電圧

n = 半導体材料係数 (ツェナーでは 1.1 ~ 1.4)

K = ボルツマン定数

T = 接合部温度

順方向動作が生じる場合には、当社営業窓口にご相談ください。

1.1.2 飽和領域

降伏電圧より低い領域では、一般のダイオードの逆方向特性と同様です。HZ15-2 の例を図 1.3 に示します。ツェナーダイオードでは、本領域も使用しませんが、この領域での動作が生じる場合には、一般ダイオードの逆方向使用と同様にしてください。

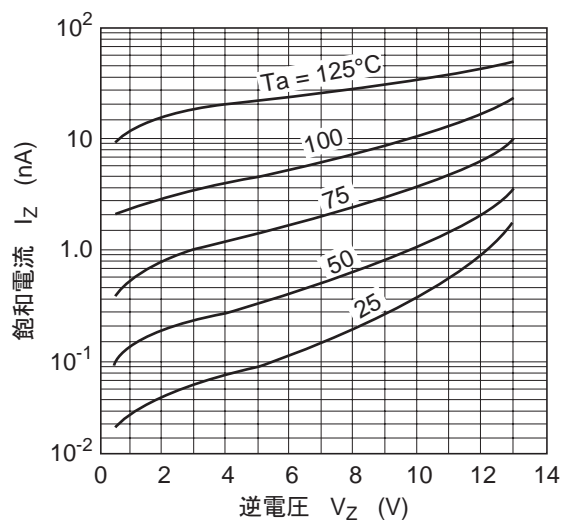


図 1.3 飽和電流 対 逆電圧特性例 (HZ15-2) (参考データ)

1.1.3 降伏領域

この領域はツェナー領域または、制御領域とも呼ばれ、ツェナーダイオードではこの領域を使用します。本領域の電圧をツェナー電圧 (V_Z) と呼び、 V_Z は N 領域の不純物濃度および、P-N 接合の不純物濃度勾配で決定されます。

V_Z の値は図 1.4 の例に示すように、ツェナー電流 I_Z により若干変化します。また、ダイオードの消費電力により、接合部温度が上昇し、ダイオードの温度係数による V_Z の変動もあります。

ルネサスツェナーダイオードは、 V_Z を定常値 (V_Z 安定点での測定値) で保証していますが、HZM-N 等パルスで保証しているものもあります。

接合部温度上昇による V_Z 変動については、「1.3 ツェナー電圧温度係数」の項をご参照ください。

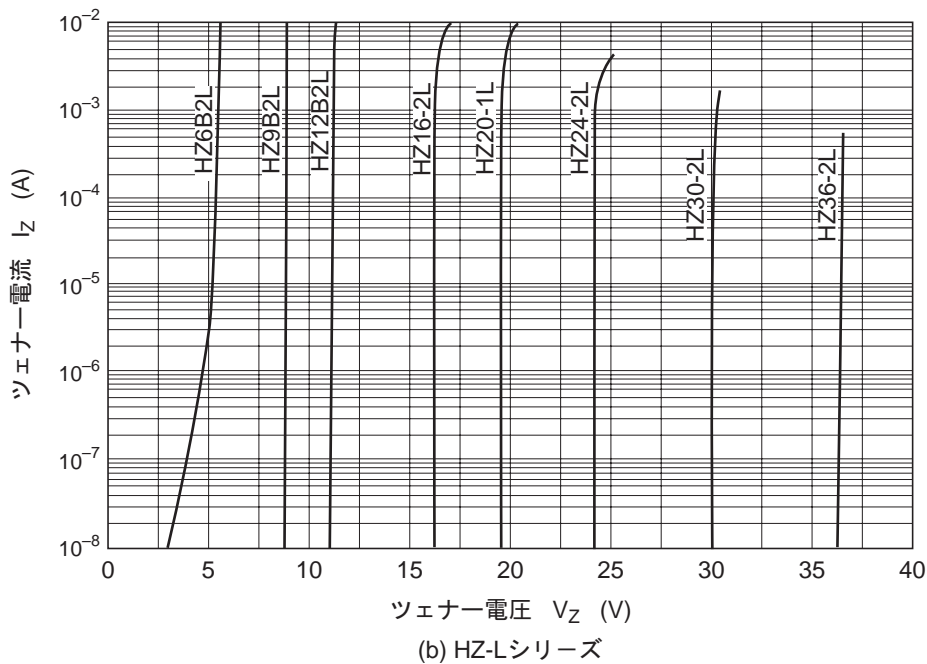
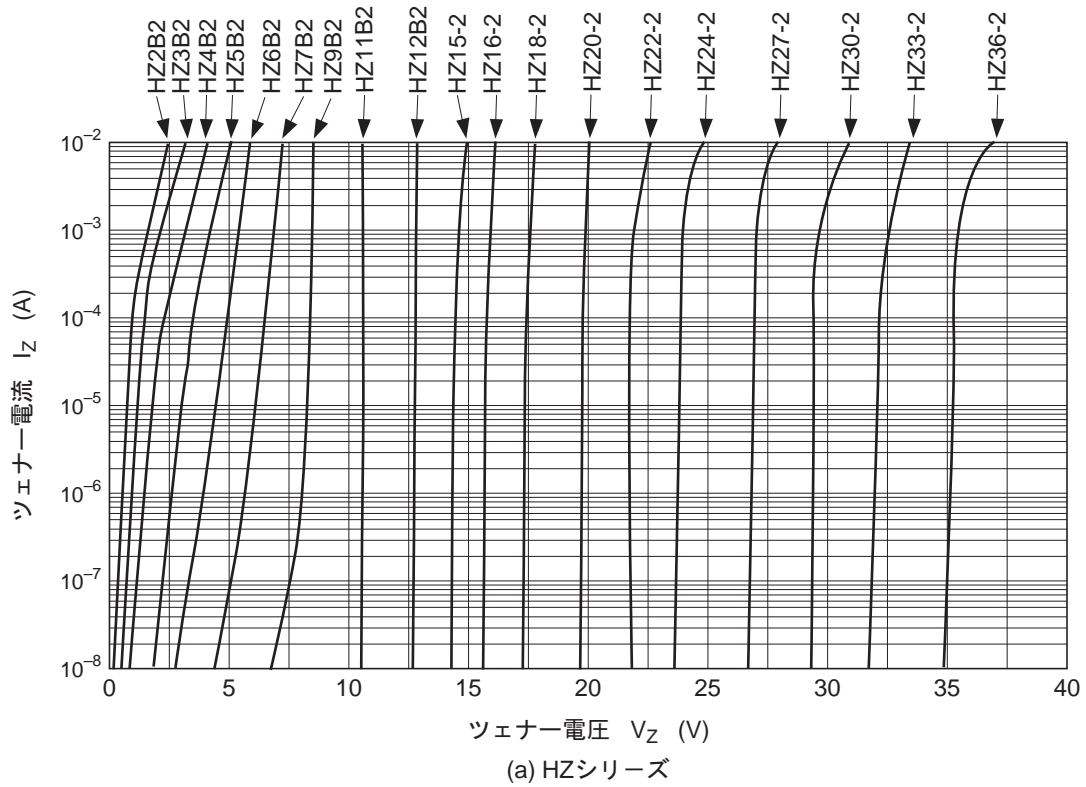


図 1.4 降伏領域特性例 (参考データ)

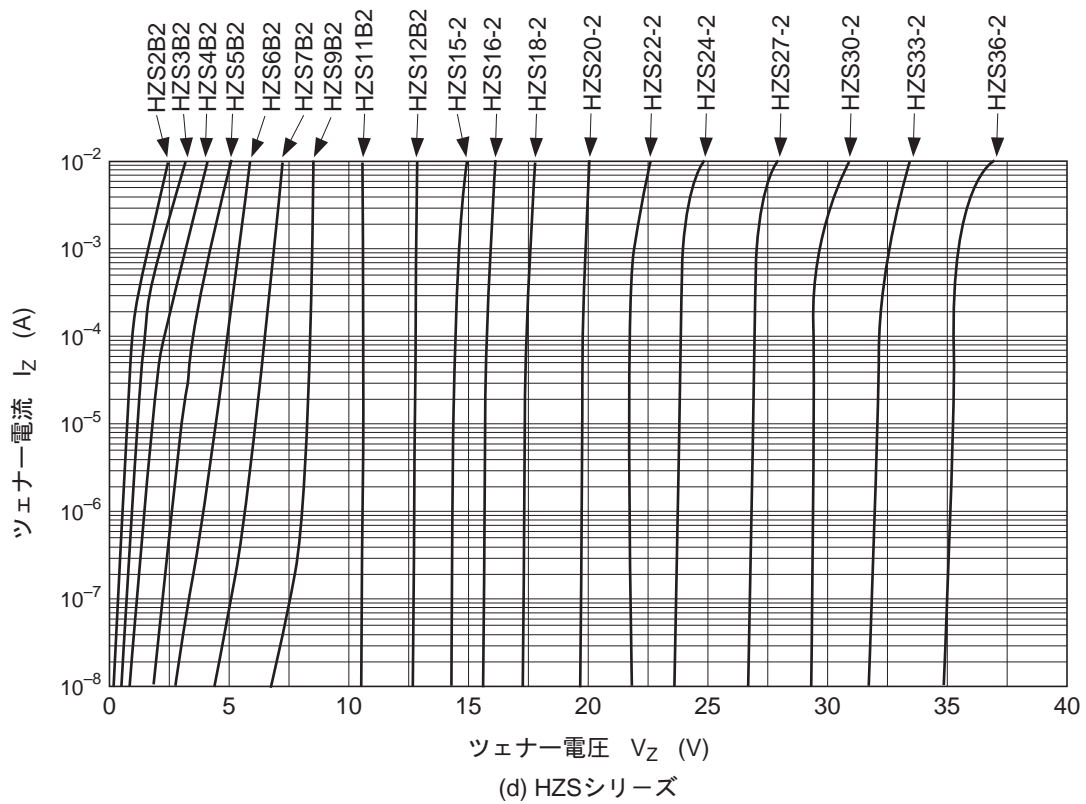
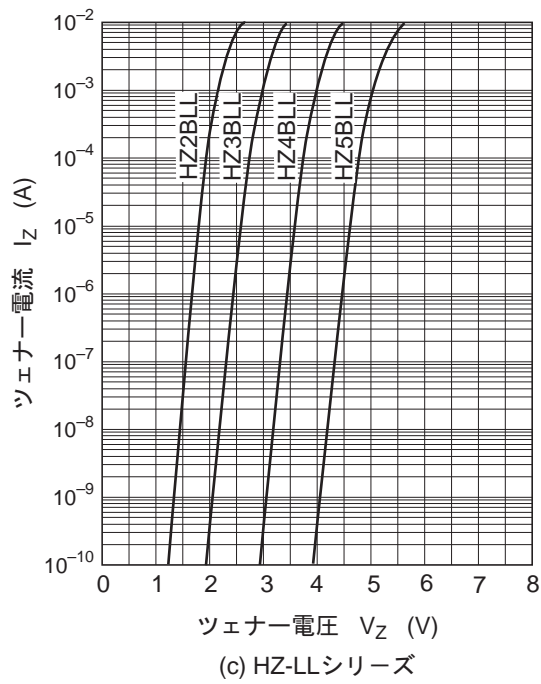


図 1.4 降伏領域特性例 (参考データ) (続き)

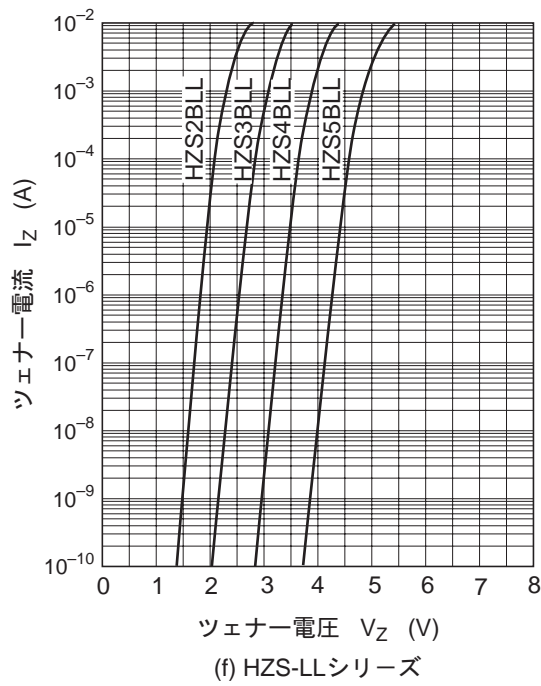
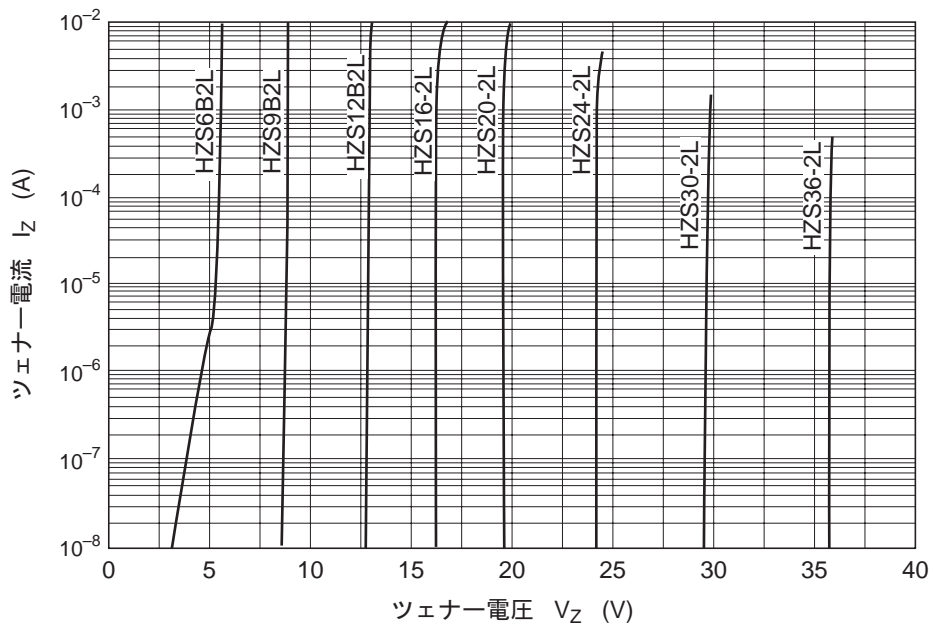


図 1.4 降伏領域特性例 (参考データ) (続き)

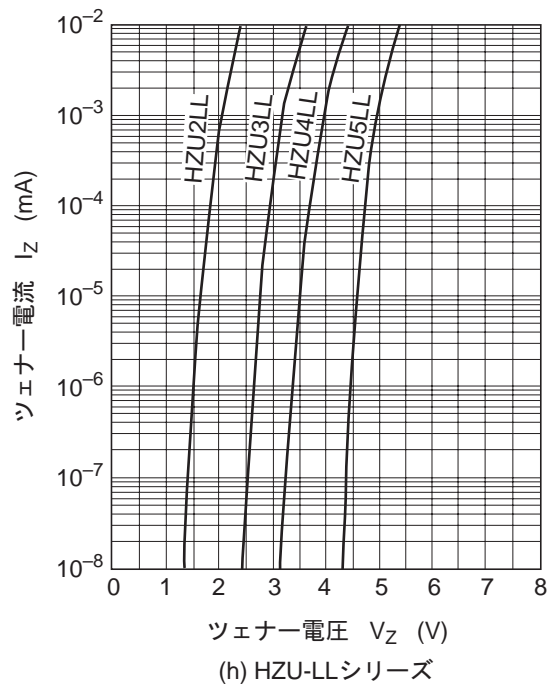
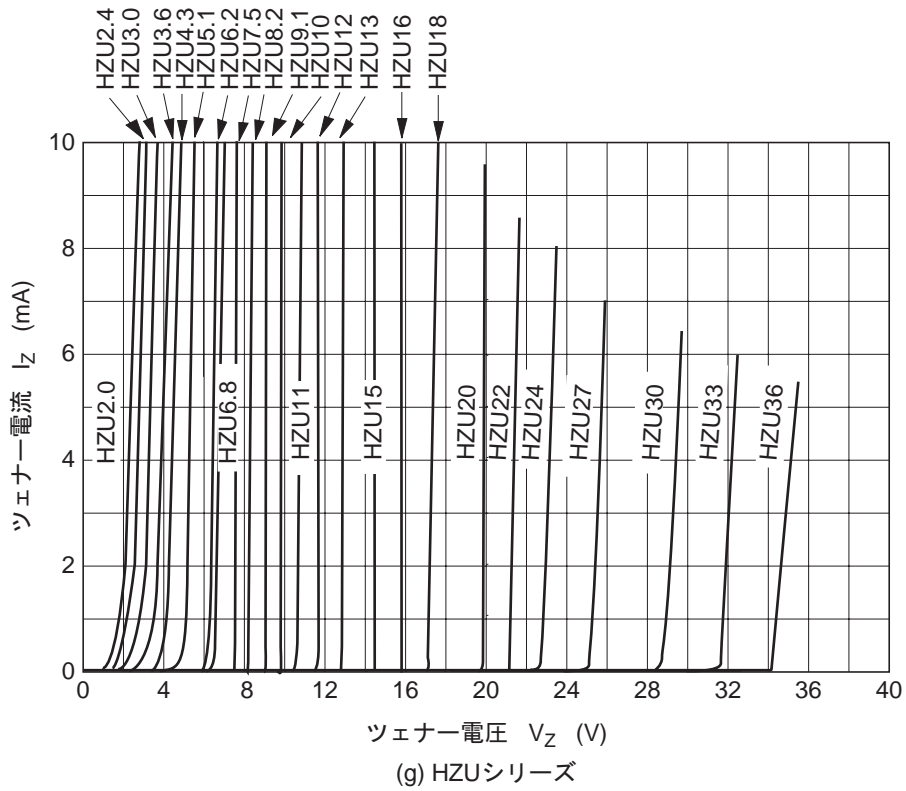


図 1.4 降伏領域特性例 (参考データ) (続き)

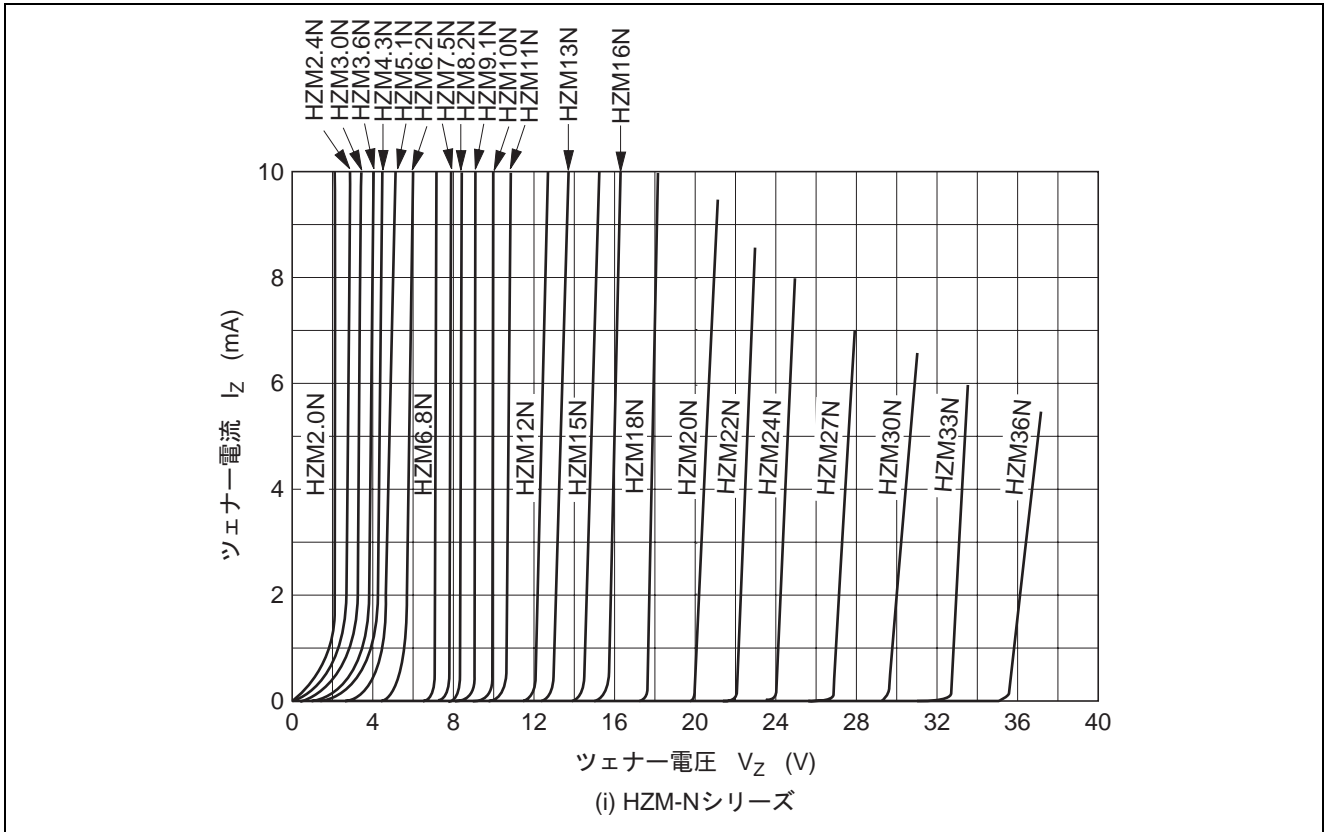


図 1.4 降伏領域特性例 (参考データ) (続き)

1.2 動作抵抗

降伏領域特性 (図 1.4) に示されるように、 I_Z の変化に対し、 V_Z はある傾きを持っています。この傾きをツェナー電流の微小変化 ΔI_Z に対するツェナー電圧の微小変化 ΔV_Z の比で表し、動作抵抗 (r_d) と定義しています。

$$r_d = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$

したがってツェナーダイオードは、図 1.5 のように電圧 V_Z と抵抗 r_d の直列接続で等価的に表すことができます。 r_d は、接合部の大きさ、構造、 V_Z によって変わりますが、図 1.6 に示すように 6V 付近で最小となります。

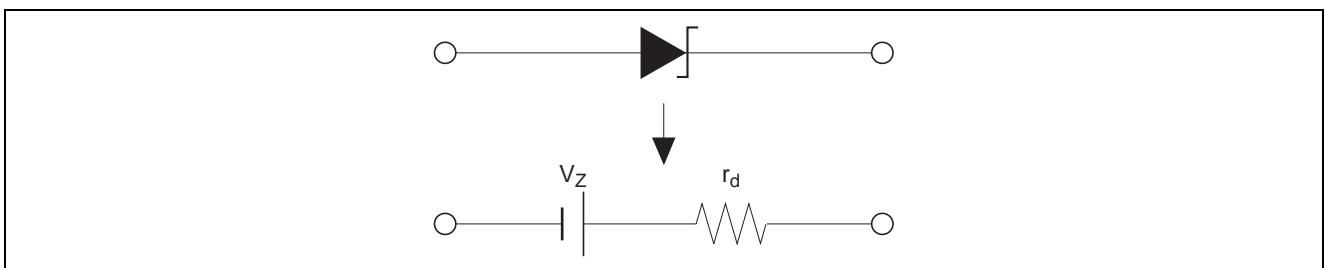


図 1.5 ツェナーダイオードの等価回路

また、 r_d はツェナー電流 I_Z にも依存し、 V_Z が 6V 以下のものでは、 I_Z を小さくしたときに特に変化が激しいため、使用上注意を必要とします。

HZ-L シリーズは、特に低い I_Z での r_d を上がり部動作インピーダンス (Z_{ZK}) として保証していますので、低電流動作でのツェナーダイオードとして適しています。

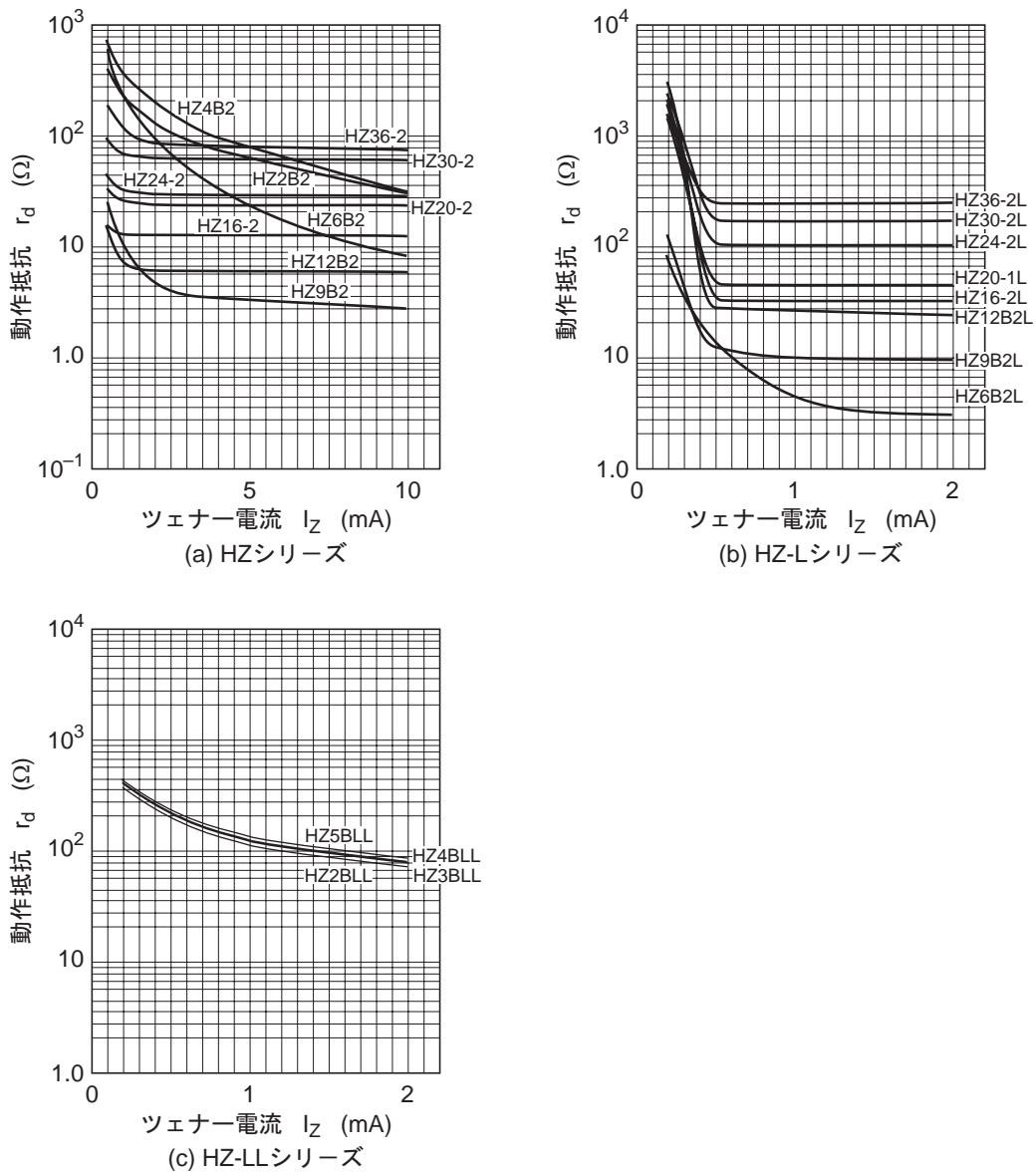


図 1.6.1 動作抵抗の電流依存性 (参考データ)

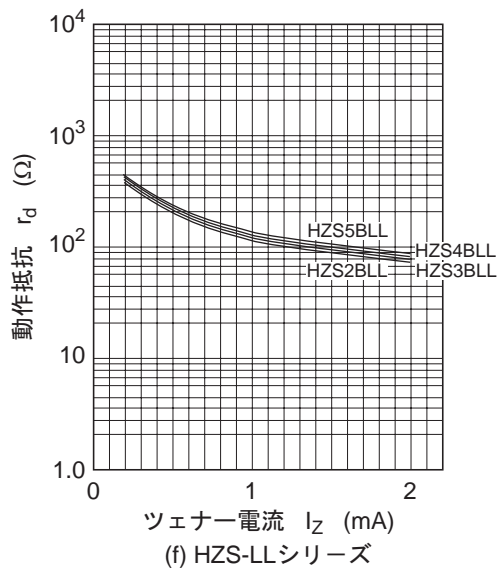
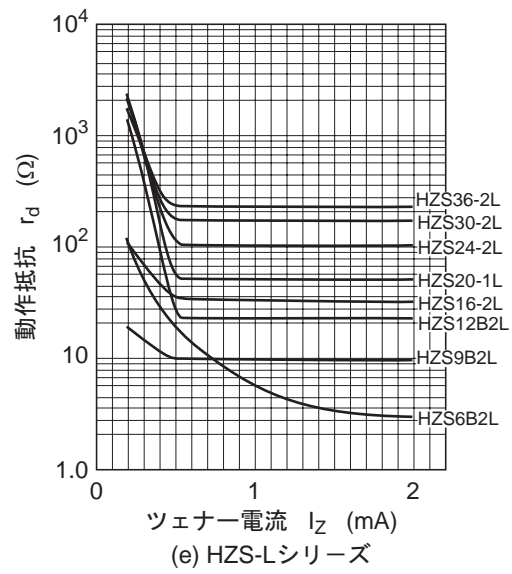
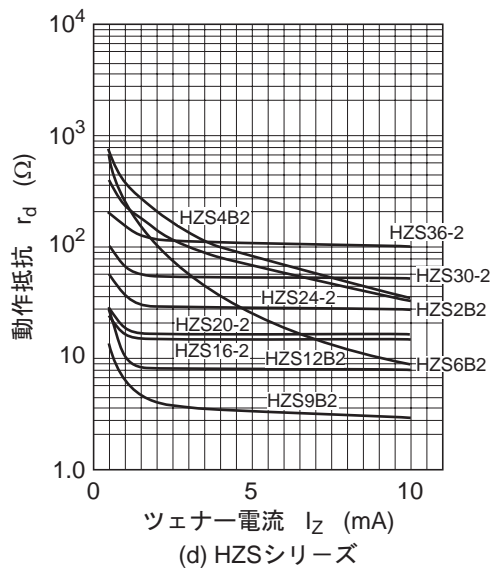


図 1.6.1 動作抵抗の電流依存性 (参考データ) (続き)

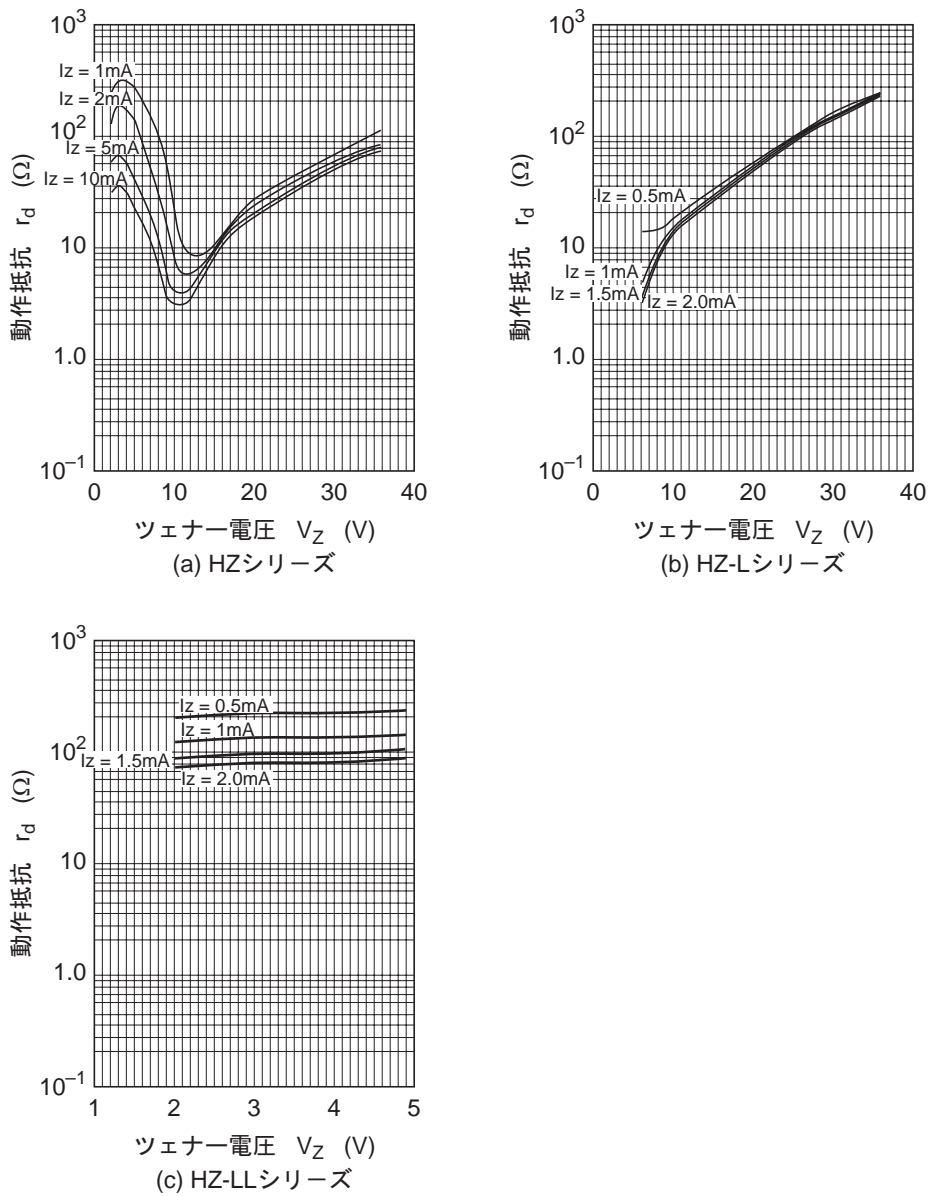


図 1.6.2 動作抵抗のツェナー電圧依存性 (参考データ)

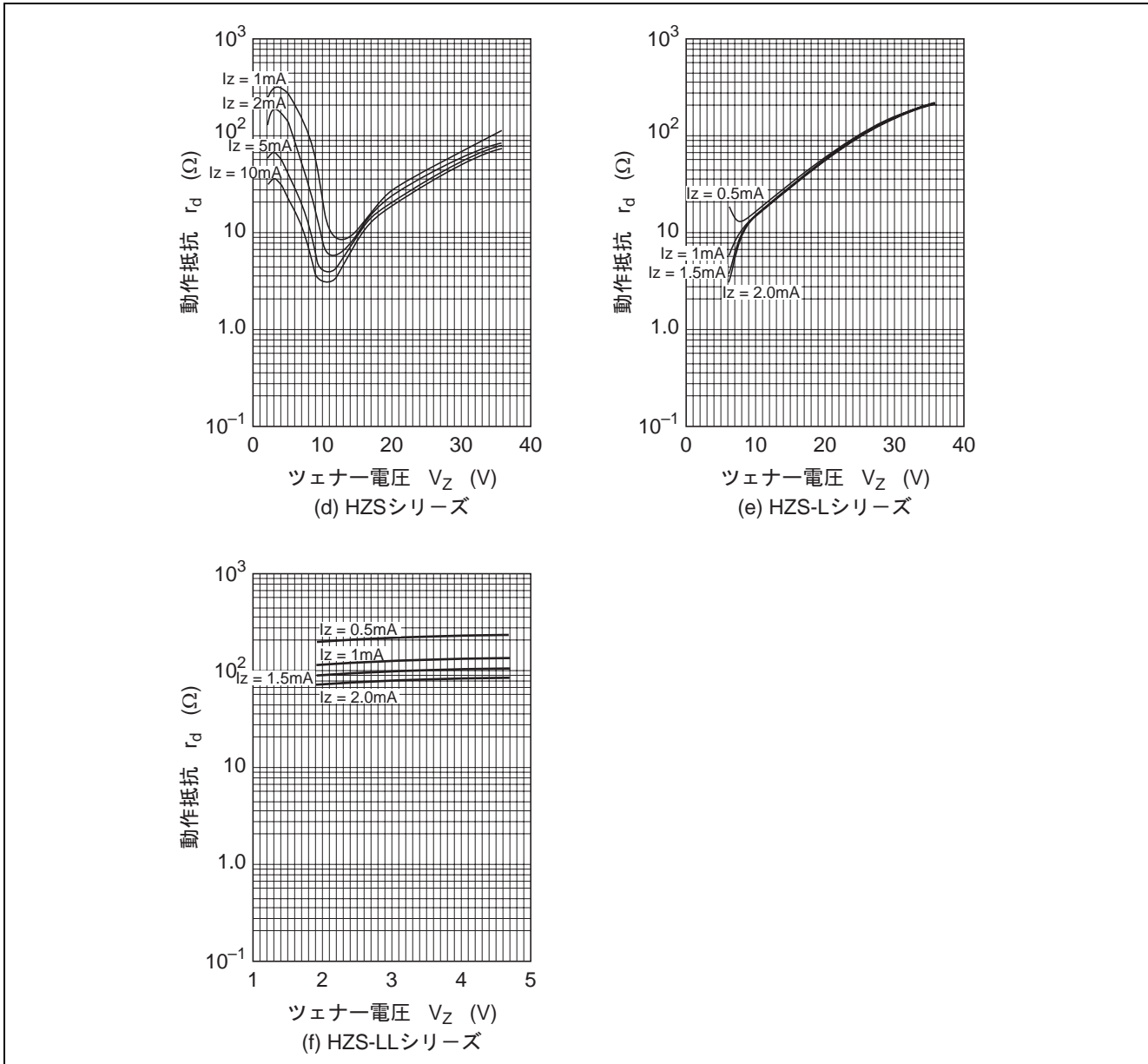


図 1.6.2 動作抵抗のツェナー電圧依存性 (参考データ) (続き)

1.3 ツェナー電圧温度係数

1.3.1 温度係数のツェナー電圧依存性

ツェナー電圧の温度係数 (γ_Z) は、接合部の温度変化 ΔT によるツェナー電圧変化 ΔV_Z の比で定義していません。

$$\gamma_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta T} \text{ (V/°C)}$$

$$\text{または, } \gamma_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta T} \cdot \frac{1}{V_Z} \times 100 \text{ (\%/°C)}$$

γ_Z はおおむね V_Z の5V 附近を境として、高い側では正、低い側では負となります。

図 1.7 に温度係数のツェナー電圧依存性を示します。特に温度に対する安定性が必要な場合には、正および負の温度係数を持つツェナーダイオードの直列接続またはツェナー電圧 5V 附近の温度係数ゼロのものをご使用になるなどの注意が必要です。

なおツェナーダイオードの温度係数による V_Z の変動は、周囲温度の変化の他にツェナーダイオードの消費電力による、接合部の温度上昇も考慮する必要があります。

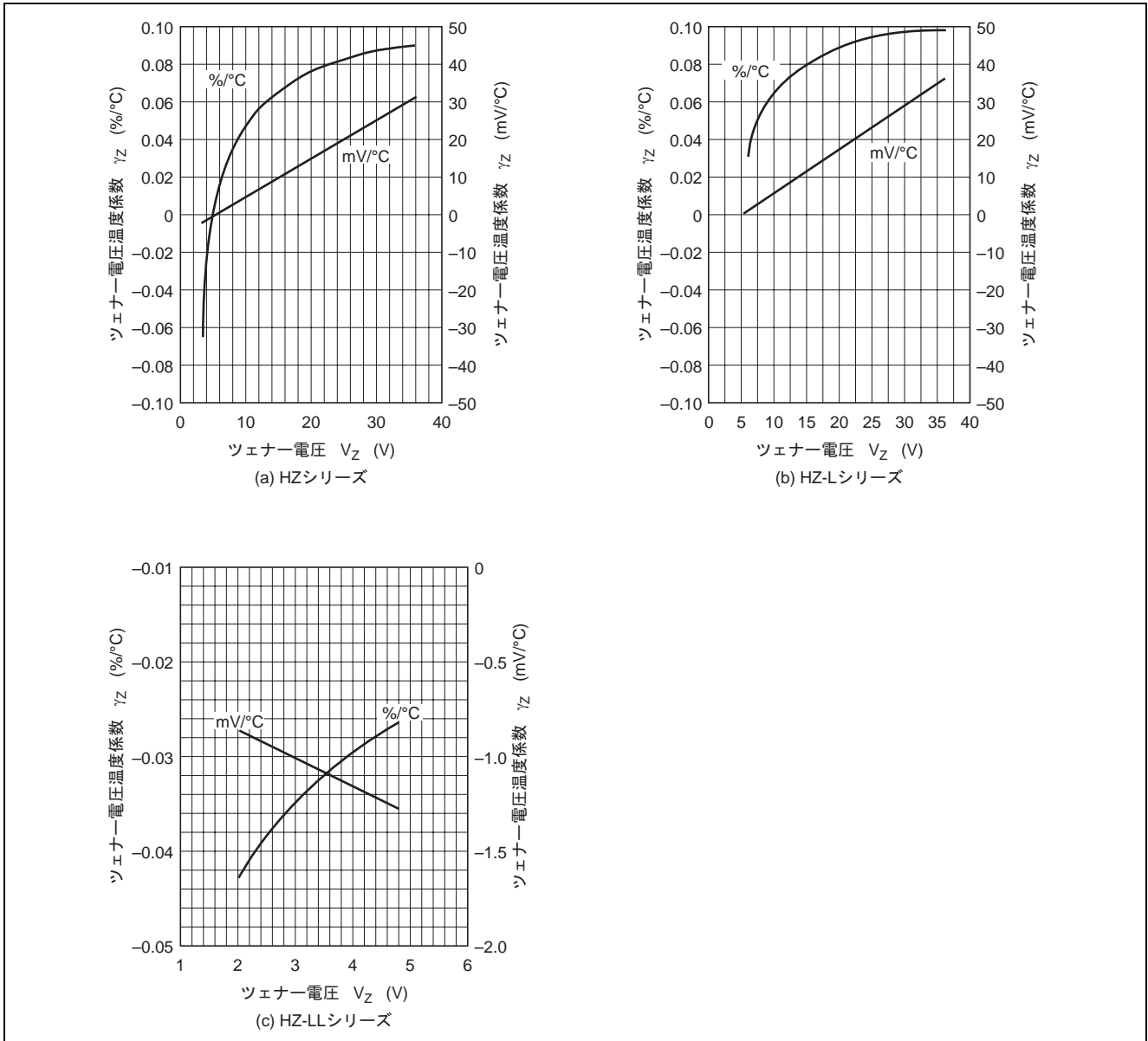


図 1.7 温度係数のツェナー電圧依存性 (参考データ)

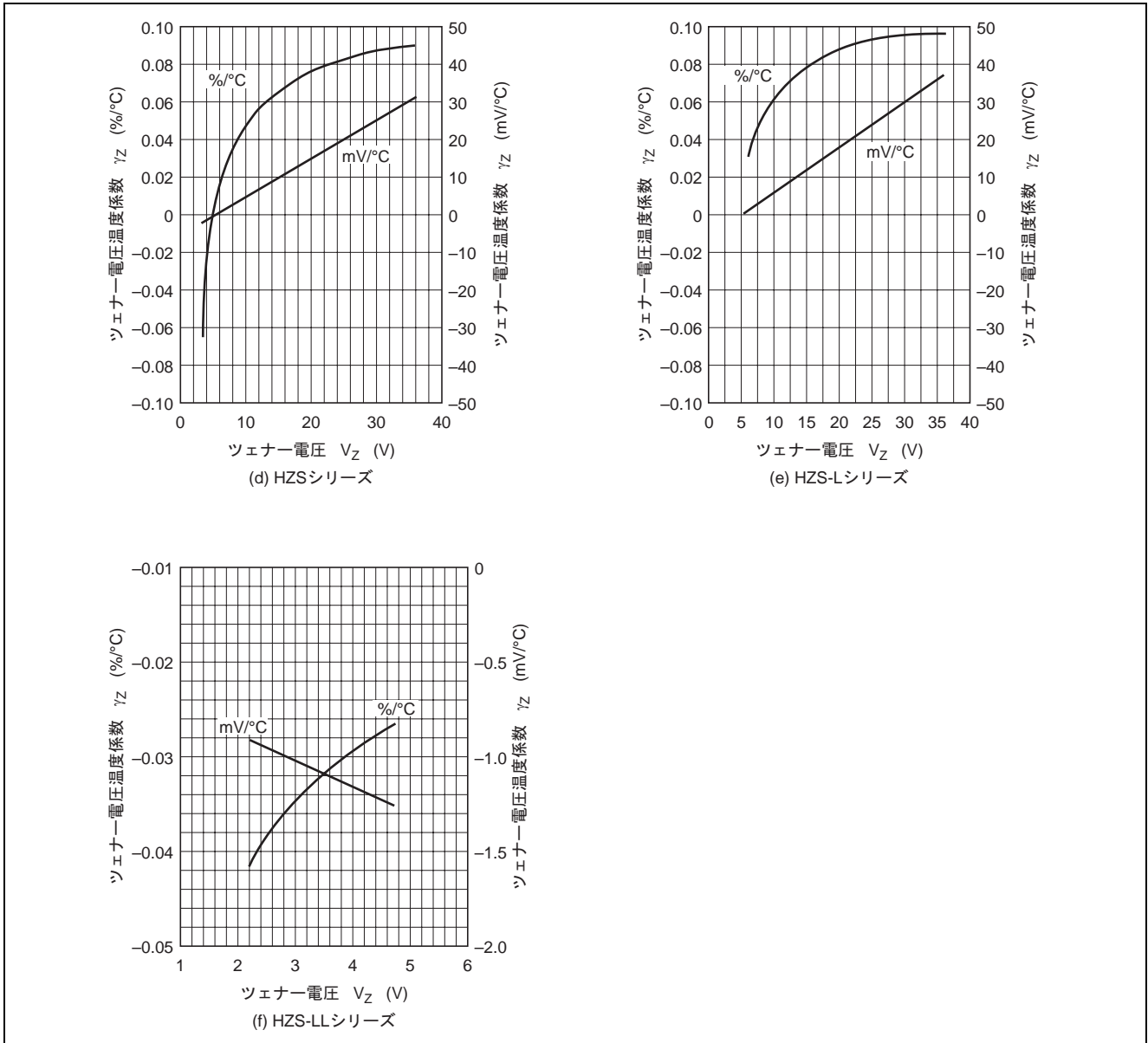


図 1.7 温度係数のツェナー電圧依存性 (参考データ) (続き)

1.3.2 温度係数のツェナー電流依存性

HZ-LL シリーズは、ツェナー電流を変化させることにより温度係数を負から正まで大幅に変えることができますので、計測器等の電圧標準用としても適しています。図 1.8 に温度係数のツェナー電流依存性を示します。

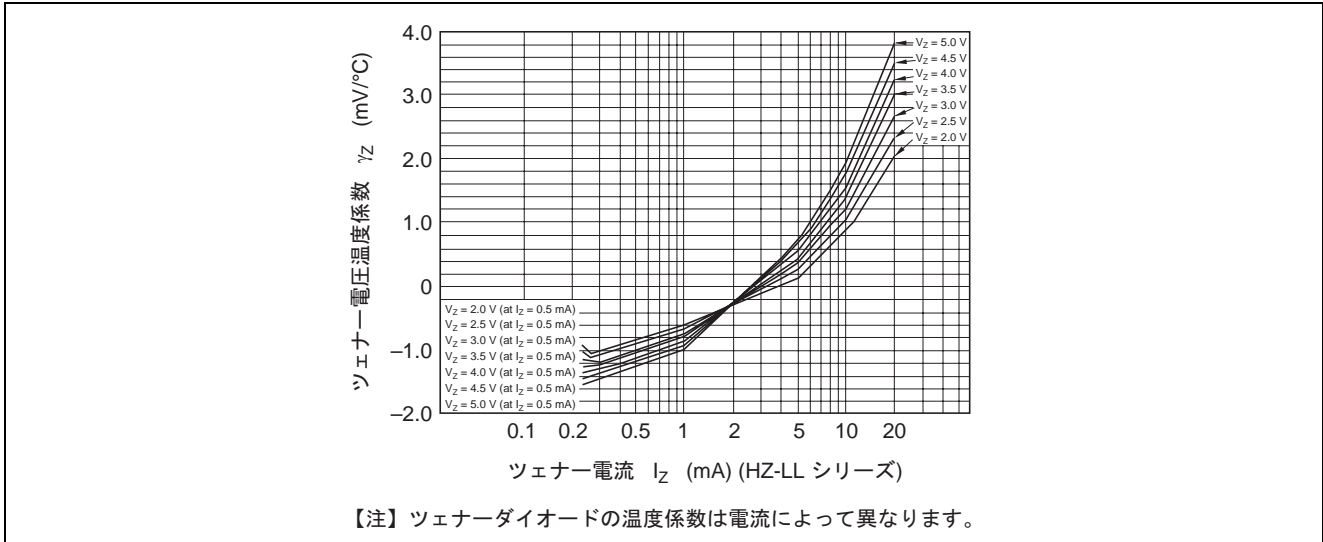


図 1.8 温度係数のツェナー電流依存性 (参考データ)

1.4 雑音出力

ツェナーダイオードは、P-N 接合の降伏現象を利用しているため、VZ に雑音電圧が発生します。

1.4.1 雑音出力測定方法

ルネサスツェナーダイオードシリーズでは、図 1.9 に示す測定回路で雑音出力を管理しています。

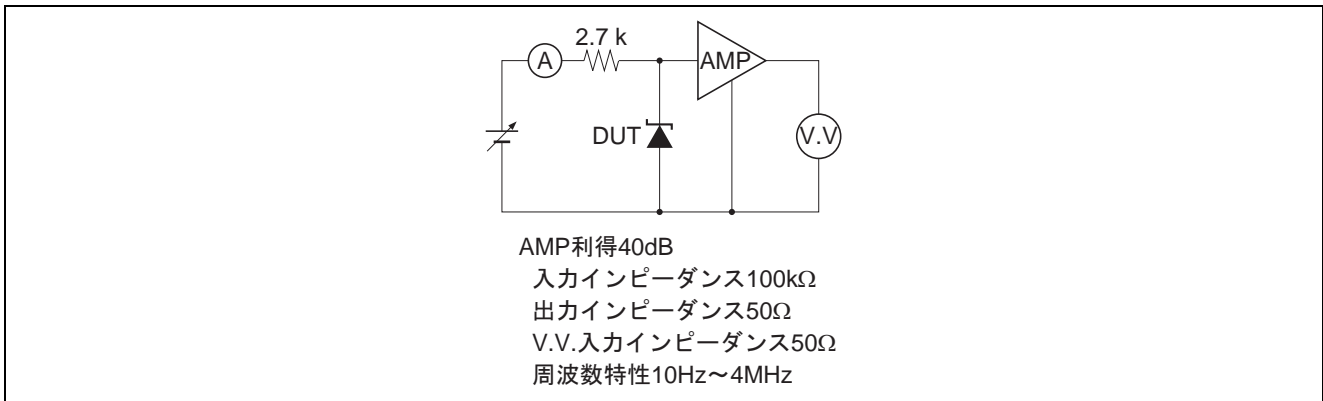


図 1.9 雑音出力測定方法

1.4.2 雑音の I_Z 依存性

雑音は、図 1.10 に示すように I_Z に相関があり、雑音に対しては電流の大きい方での使用が有利となります。特に雑音を問題とする機器にご使用の場合は、HZ シリーズでは I_Z を 1mA 以上、HZL, HZ-LL シリーズでは 0.5mA 以上でご使用ください。

また、ツェナーダイオードに交流印加等でツェナー電流を大幅に変化させて使用する場合（特にツェナー電流を $100\mu\text{A} \sim 300\mu\text{A}$ の領域で使用する場合等）は、雑音出力が大きくなる場合がありますので、ご使用にあたっては注意が必要です。

ツェナー電流が $100\mu\text{A} \sim 300\mu\text{A}$ の低電流領域でのご使用で、特に雑音出力が問題となる場合には、当社営業窓口までお問い合わせください。

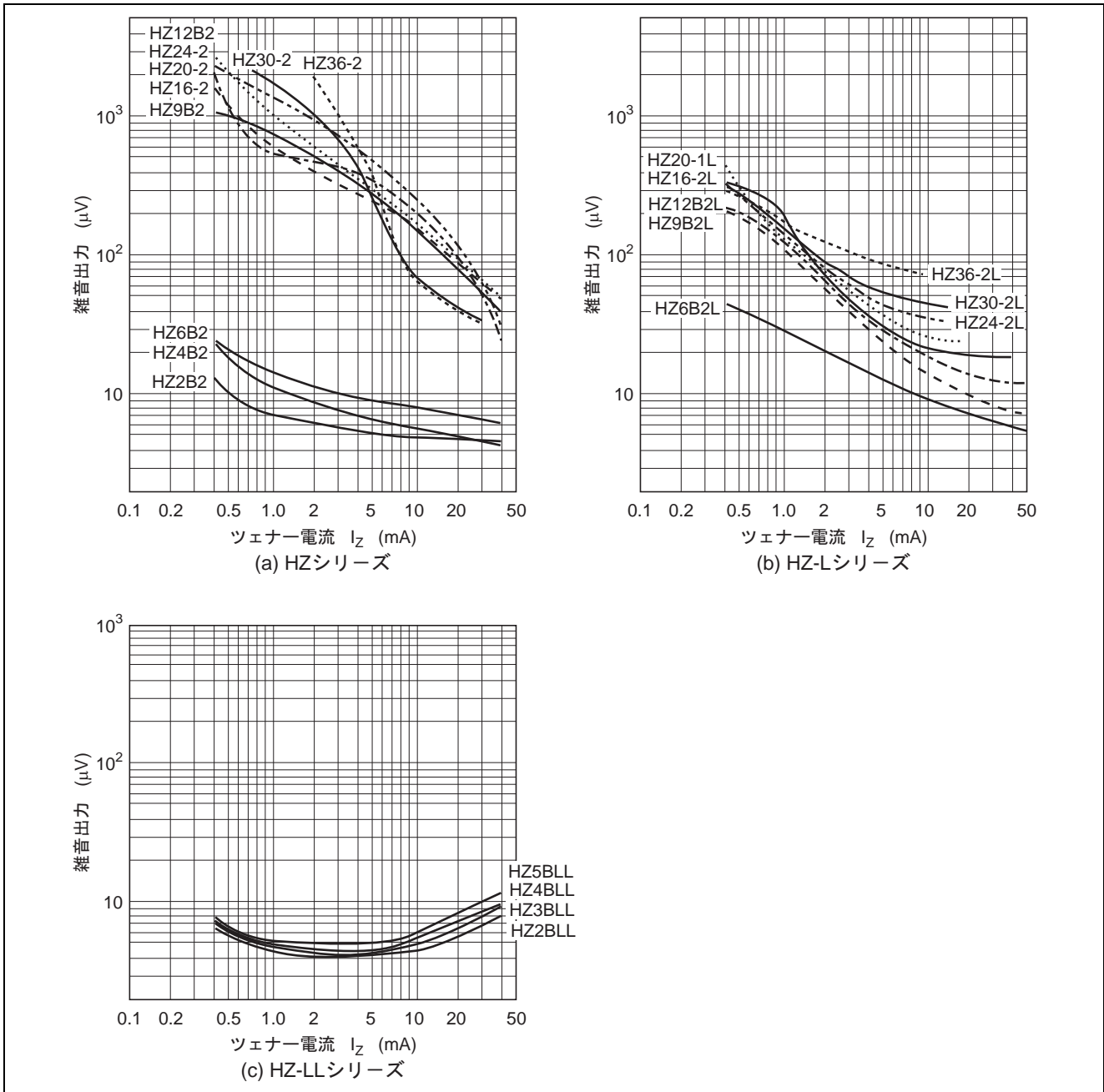


図 1.10 雑音電圧のツェナー電流依存性 (参考データ)

1.4.3 雑音の V_Z 依存性

雑音は、 V_Z によっても変動します。この様子は図 1.11 に示す特性となり、 V_Z が小さくなるほど雑音は小さくなります。

ルネサスツェナーダイオードは、これらの雑音に対しても十分留意して設計されていますが、HZ-L シリーズおよび HZ-LL シリーズは、特に雑音に対して要求の厳しい用途に適した製品として開発されたものです。

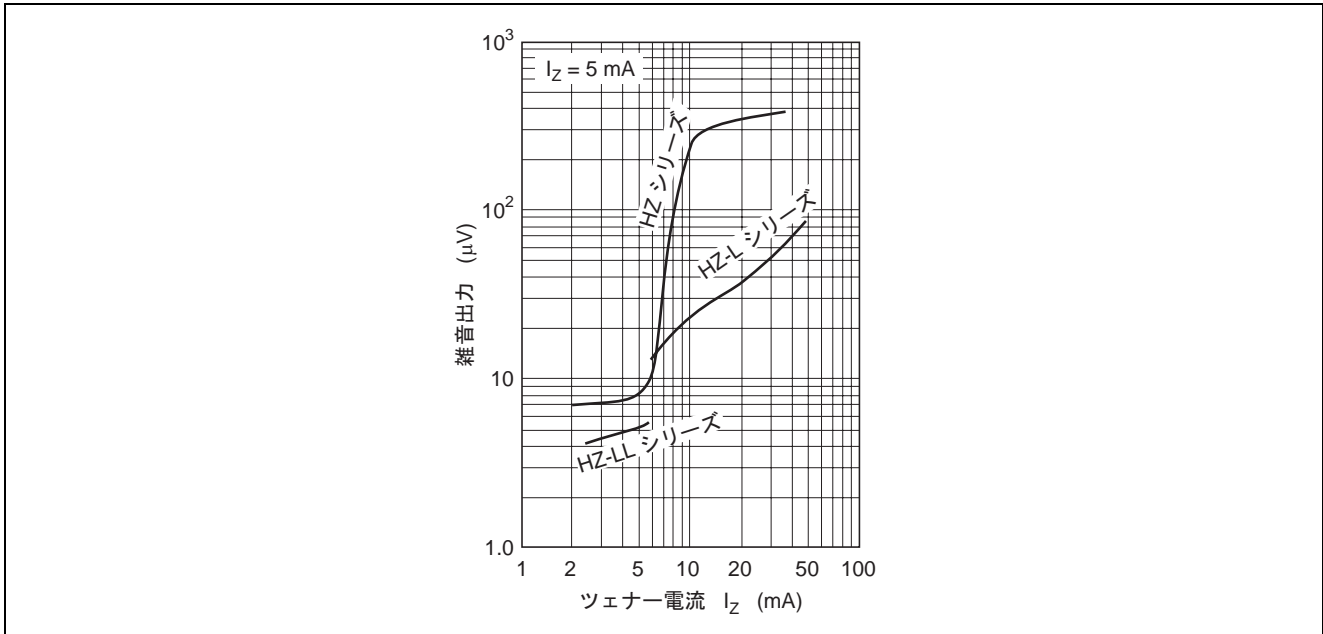


図 1.11 雑音電圧のツェナー電圧依存性 (参考データ)

1.5 許容電力損失

許容電力損失は、ツェナーダイオードの最大接合部温度 (T_j) により決定されます。ルネサスツェナーダイオードシリーズでの最大接合部温度は 150, 175, 200°C で、接合部温度は、ツェナーダイオードの入力電力、周囲温度および接合 周囲間熱抵抗に依存するので、連続印加直流電力の許容損失は以下で表されます。

$$P = \frac{T_j - T_a}{R_{th}}$$

P : 直流許容電力損失 (W)

T_j : 最大接合部温度 (°C)

T_a : ツェナーダイオードの周囲温度 (°C)

R_{th} : 接合 周囲間熱抵抗 (°C/W)

ご使用にあたっては、必ず許容損失以下にディレーティングされるようお願いします。

R_{th} は、ダイオードでの構造でほぼ決定され、ルネサスツェナーダイオードシリーズでは、表 1.1 の代表値を持ちます。なお、詳細グレードの R_{th} は当社営業窓口までお問い合わせください。

表 1.1 ツェナーダイオードの R_{th} 値

シリーズ別	R_{th} (°C/W)
HZ シリーズ	300
HZ-L シリーズ	375
HZ-LL シリーズ	600
HZM-N シリーズ	600
HZU シリーズ	600

1.5.1 熱抵抗

発生損失（電流通電期間の損失）によって生じた熱量が、接合から外部（パッケージから実装基板）に引き出されますが、この場合各部で温度差が発生します。そこで、素子の接合温度をおさえるためには、接合部より測定しやすいパッケージ部までの温度差，すなわち熱抵抗を考慮する必要があります。

そこで熱抵抗を次のように定義します。

$$T_j - T_c = P \cdot R_{th}$$

T_j : 接合温度 (°C)

T_c : パッケージ温度 (°C) 「ダイオードは超小型外形のため測定不可」

P : 平均発生損失 (W)

R_{th} : 定常時の熱抵抗 (°C/W) 「接合 パッケージ間」

実際の熱回路は、図 1.12 のような複合回路となっており、熱源からみた場合、一種の定電流回路が形成され、各部の熱時定数により過渡状態での実効熱抵抗は大幅に変化します。

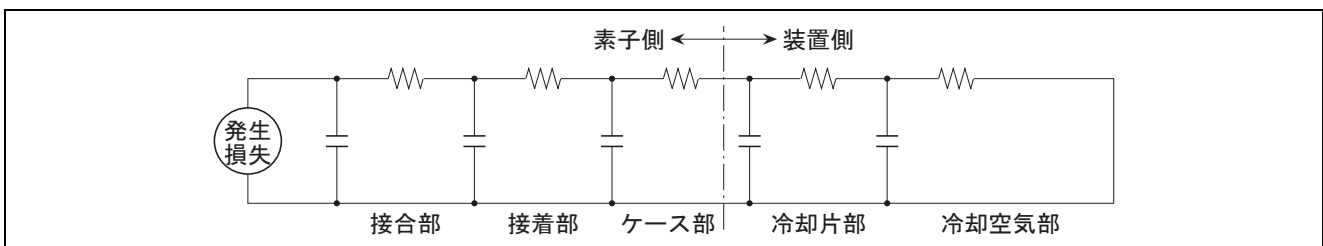


図 1.12 熱回路モデル

(1) 単一パルス負荷の場合の計算

図 1.13 の時間 t_0 から上昇を始め、パルス幅が長いと接合温度は飽和します。温度上昇曲線 T_h の任意時間 t_1 における温度上昇は以下で与えられます。

$$T_h = P \cdot Z_{th}(t_1 - t_0)$$

$Z_{th}(t_1 - t_0)$ は、時間 $(t_1 - t_0)$ に対する過渡熱インピーダンスです。時間 t_2 で負荷がなくなった後、接合部の温度は冷却曲線 T_c で減少し始め、次式に従います。

$$T_c = P \cdot R_{th} - T_h$$

T_h は上式と同様に計算されます。

$P \cdot R_{th}$ は温度上昇の飽和値です。

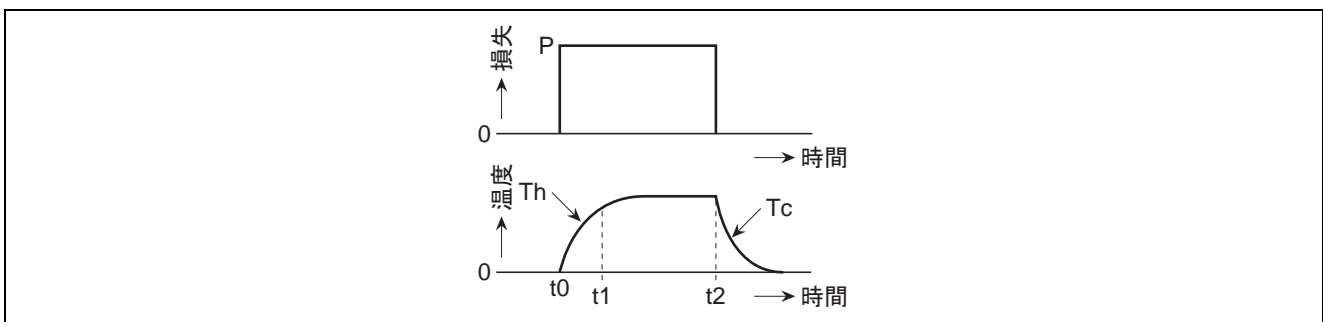


図 1.13 単一パルス負荷による温度上昇

(2) 連続負荷状態に単一パルス負荷を加える場合の計算

図 1.14 に示すように、連続負荷 P_0 で定常状態のところへ単一パルス負荷を加えると、時間 t_0 で負荷の増分 $(P - P_0)$ による過渡温度上昇を加えることになり、次式で与えられます。

$$T = P_0 \cdot R_{th} + (P - P_0) \cdot Z_{th}(t_2 - t_0)$$

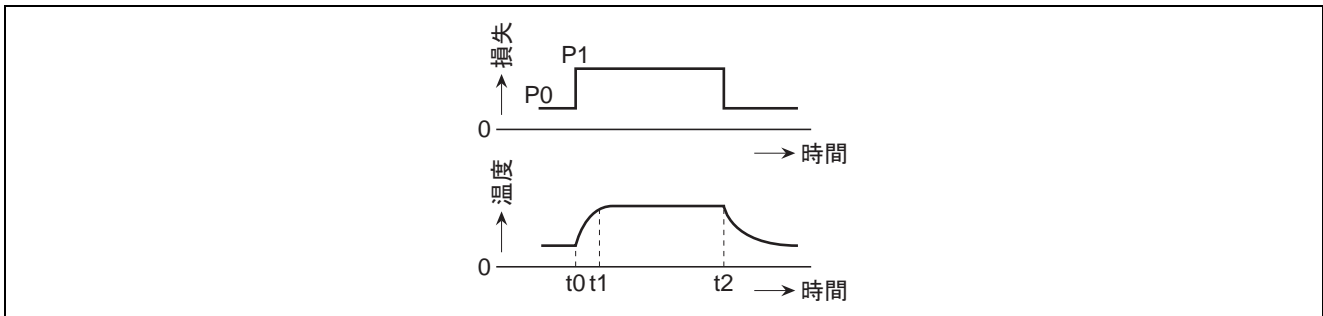


図 1.14 連続負荷に続く単一パルス負荷による温度上昇

(3) 繰り返しパルス負荷の場合の計算

図 1.15 に示すように、負荷 P_1 を連続と考え、時間 t_1 より逆方向に $-P_1$ の負荷が冷却させるように加わったと考えます。 P_2, P_3 についても同様な仮定で計算し、重ね合わせを行なうことにより、各時点の温度上昇を求めることができます。

$$T_{t1} = P_1 \cdot Z_{th}(t_1 - t_0)$$

$$T_{t2} = P_1 \cdot Z_{th}(t_2 - t_0) - P_1 \cdot Z_{th}(t_2 - t_1)$$

$$T_{t3} = P_1 \cdot Z_{th}(t_3 - t_0) - P_1 \cdot Z_{th}(t_3 - t_1) + P_2 \cdot Z_{th}(t_3 - t_2)$$

$$T_{t4} = P_1 \cdot Z_{th}(t_4 - t_0) - P_1 \cdot Z_{th}(t_4 - t_1) + P_2 \cdot Z_{th}(t_4 - t_2) - P_2 \cdot Z_{th}(t_4 - t_3)$$

$$T_{t5} = P_1 \cdot Z_{th}(t_5 - t_0) - P_1 \cdot Z_{th}(t_5 - t_1) + P_2 \cdot Z_{th}(t_5 - t_2) - P_2 \cdot Z_{th}(t_5 - t_3) + P_3 \cdot Z_{th}(t_5 - t_4)$$

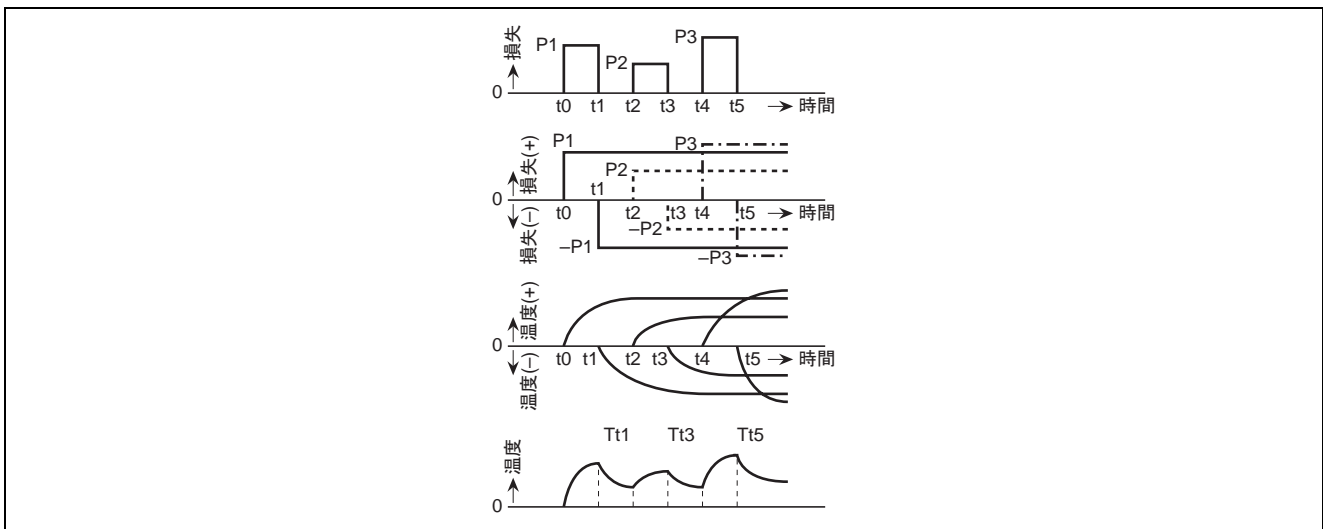


図 1.15 繰り返しパルス負荷による温度上昇

ツェナーダイオードにパルス電力が印加される場合には、表 1.2 により許容損失 P_M を計算してください。ただし、式中の過渡熱インピーダンスは、図 1.16 のような素子のカタログ曲線から所要の時間幅に対する値を読んで使用してください。

表 1.2 パルス負荷時の許容電力損失

印加パルス波形	許容電力	備考
	$P_M = \frac{T_j - T_a}{Z_{th}(t)}$	単発パルス
	$P_M = \frac{T_j - T_a - P_Z \cdot R_{th}}{Z_{th}(t)} + P_Z$	DC の P_Z 波の上に単発パルスが重畳
	$P_M = \frac{T_j - T_a^{*1}}{\frac{t}{T} R_{th} + (1 - \frac{t}{T}) Z_{th}(t+T) - Z_{th}(T) + Z_{th}(t)}$	連続繰返しパルス *1: T_a は 1.5.1(3)項を参照

【注】 R_{th} : 接合 周囲間熱抵抗 $Z_{th}(t)$: t 時間の過渡熱インピーダンス
 $Z_{th}(T)$: T 時間の過渡熱インピーダンス $Z_{th}(t+T)$: t+T 時間の過渡熱インピーダンス
 過渡熱インピーダンス Z_{th} の例を図 1.16 に示します。

下記特性は代表例ですので、個別データは当社営業窓口までお問い合わせください。

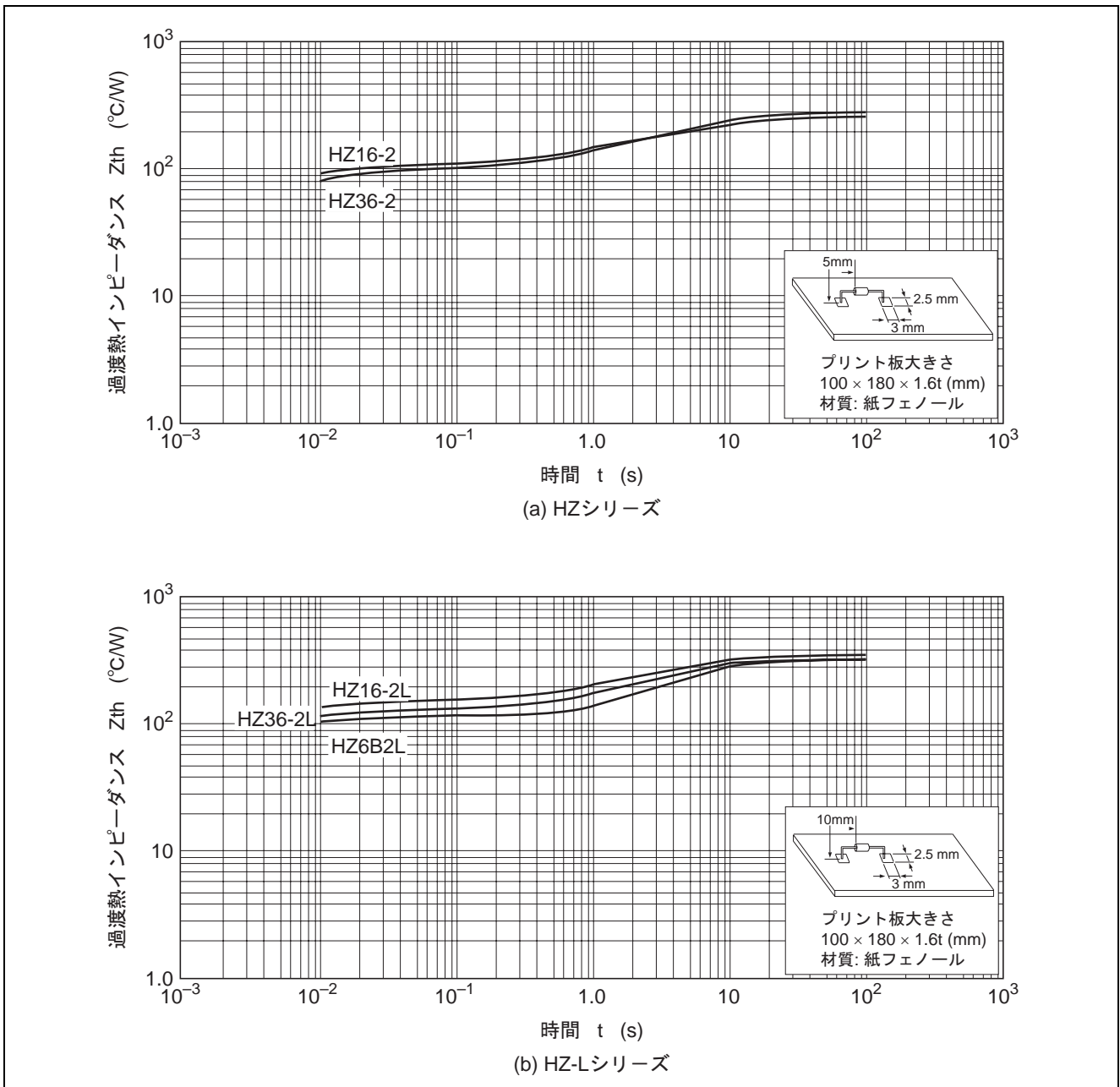


図 1.16 過渡熱インピーダンス特性 (参考データ)

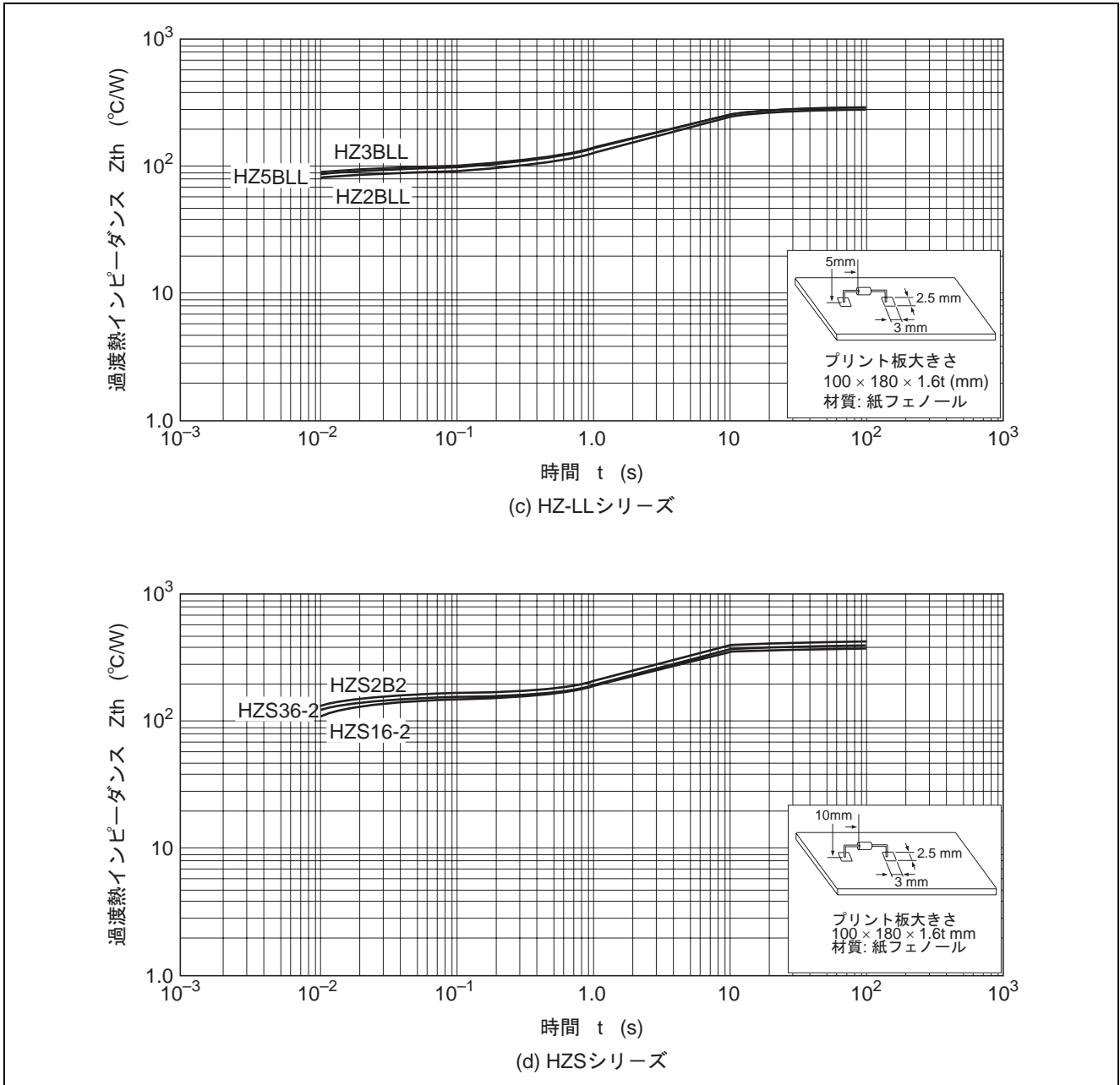


図 1.16 過渡熱インピーダンス特性 (参考データ) (続き)

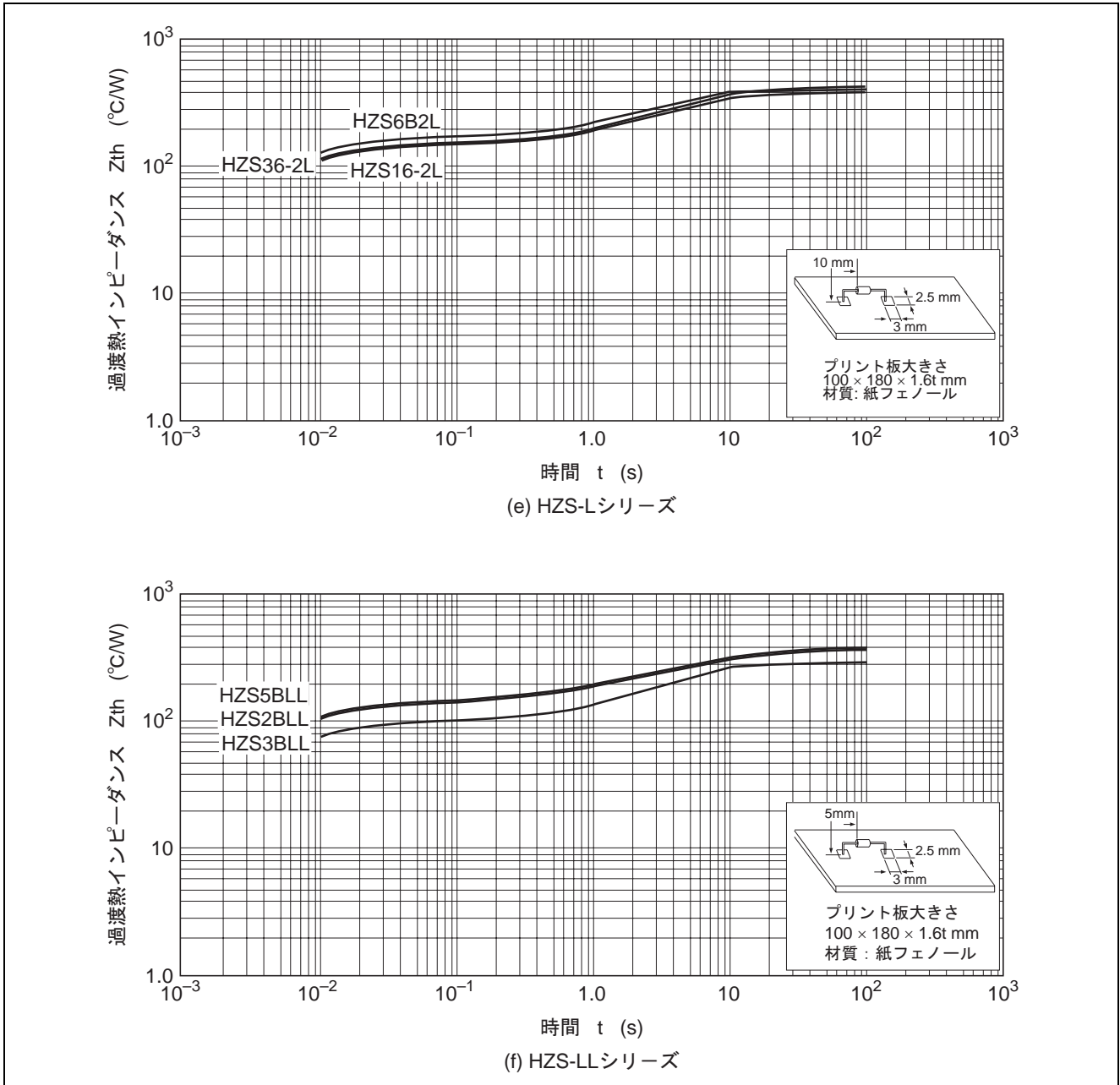
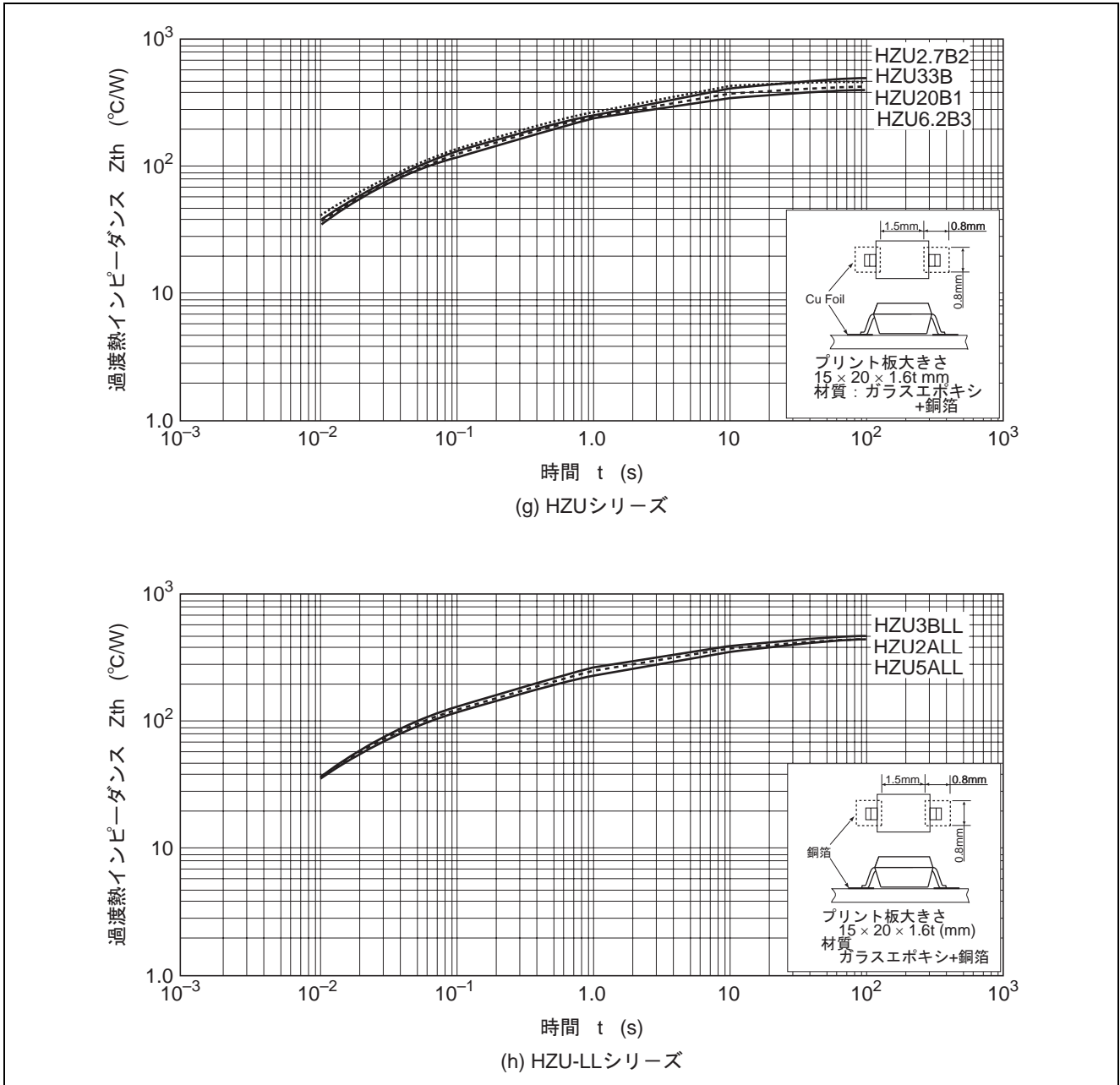


図 1.16 過渡熱インピーダンス特性 (参考データ) (続き)



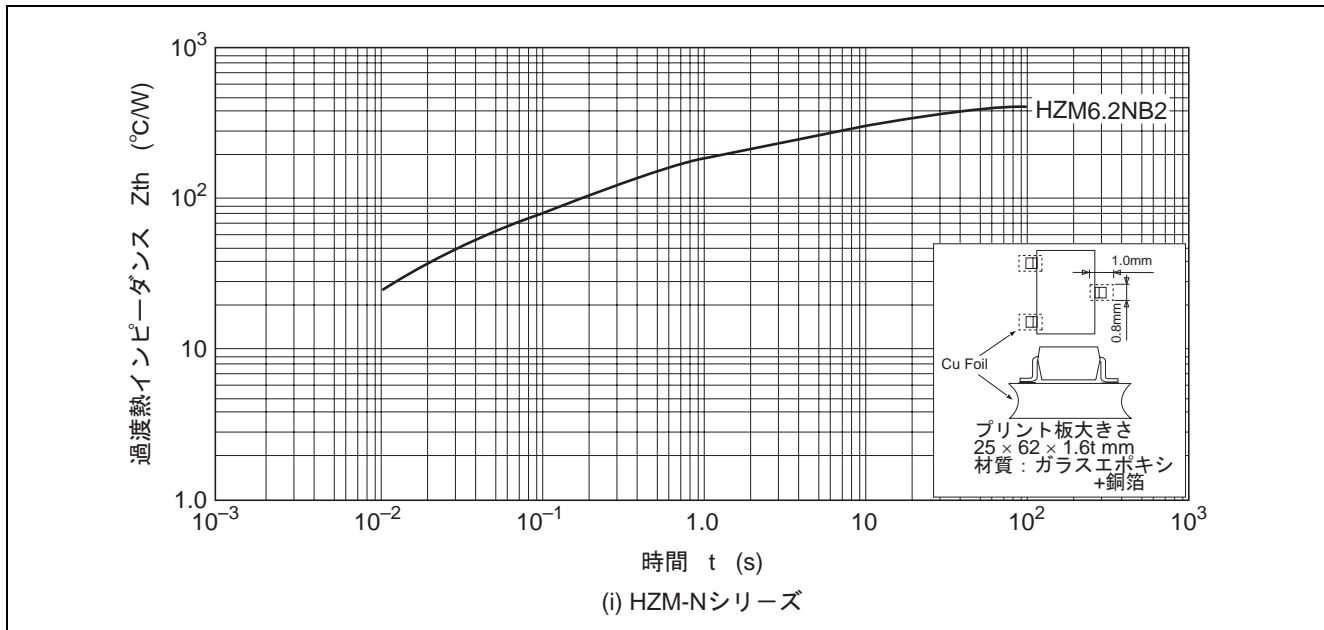


図 1.16 過渡熱インピーダンス特性 (参考データ) (続き)

ここで注意することは、熱発生部分、熱伝導部分とも極めて限られた面積 (部分) を対象として考えなければなりません。したがって、過渡熱インピーダンスとして 0.1 ~ 0.2ms 以下を考える場合には、単に曲線の延長で考えることはできません。この温度計算は大変困難なため、通常 di/dt やスイッチング電力の絶対値で間接的におさえているのが実状です。

1.6 サージ逆電力

図 1.17 にツェナーダイオードのサージ逆電力特性 (参考データ) を示します。

使用される装置の寿命の中で数十回～数百回にわたりサージ逆電力が印加される場合には、本特性に対して 1/2 以下に低減してください。

ただし、下記特性は代表例で、傾向を表すものであり、ロットにより絶対値は異なります。個別データは当社営業窓口までお問い合わせください。

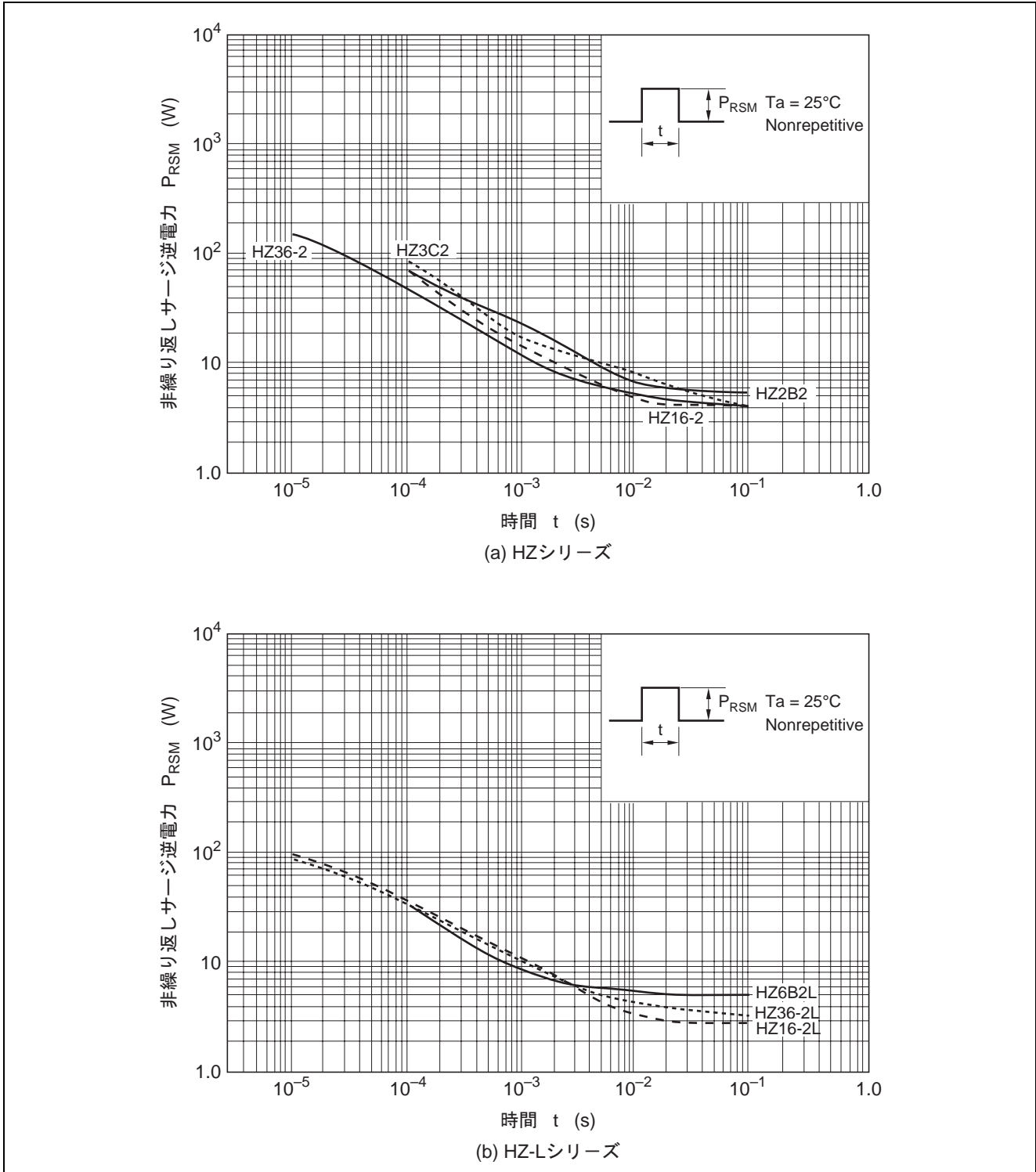
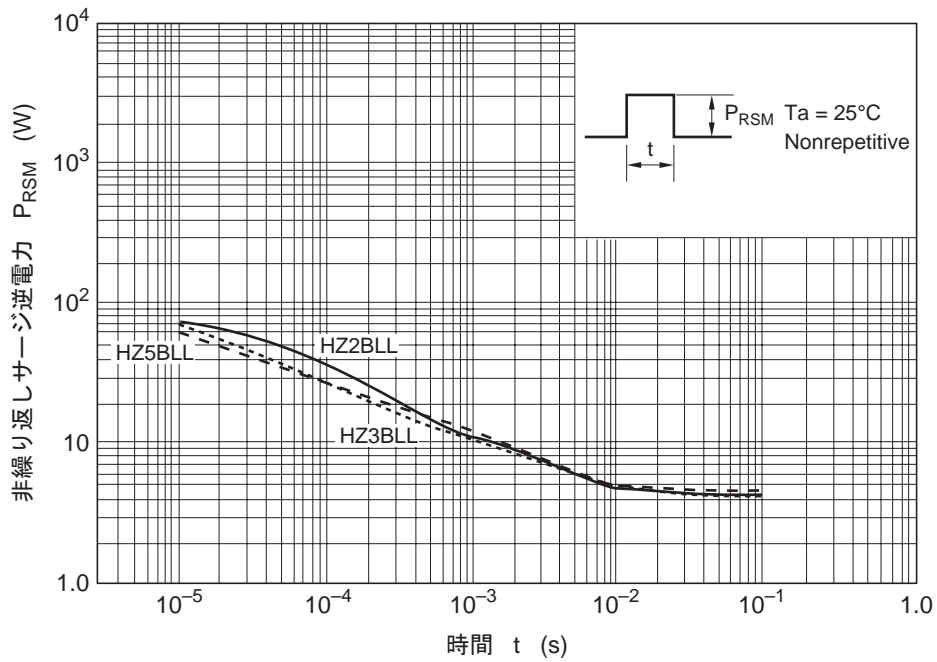
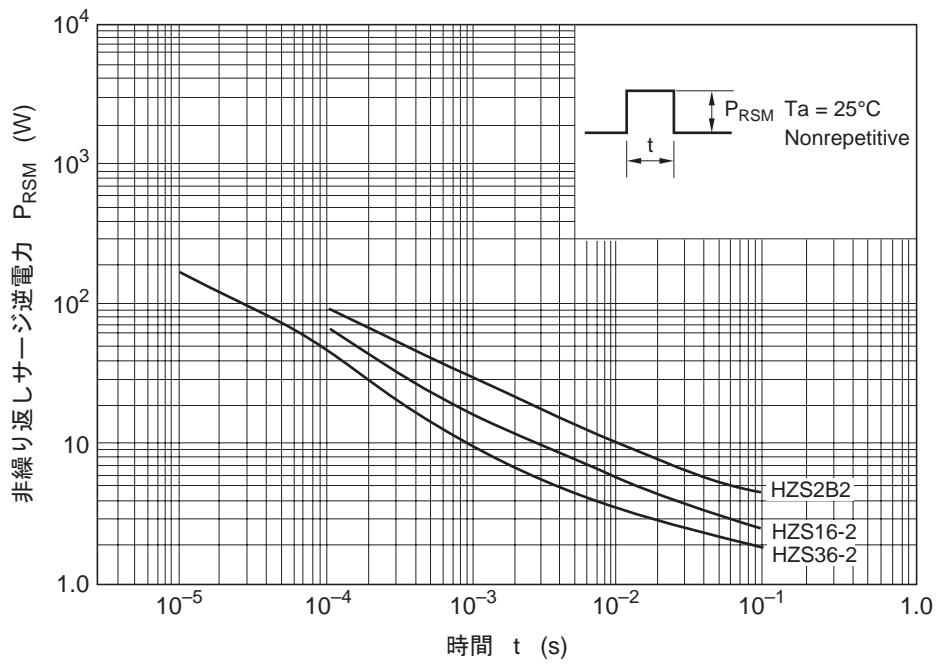


図 1.17 サージ逆電力特性 (参考データ)

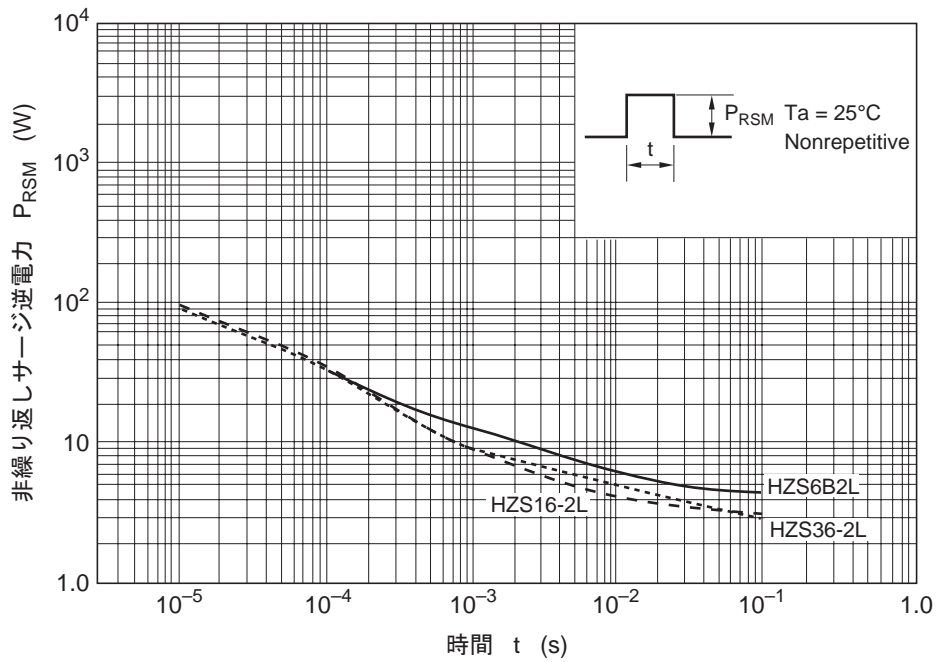


(c) HZ-LLシリーズ

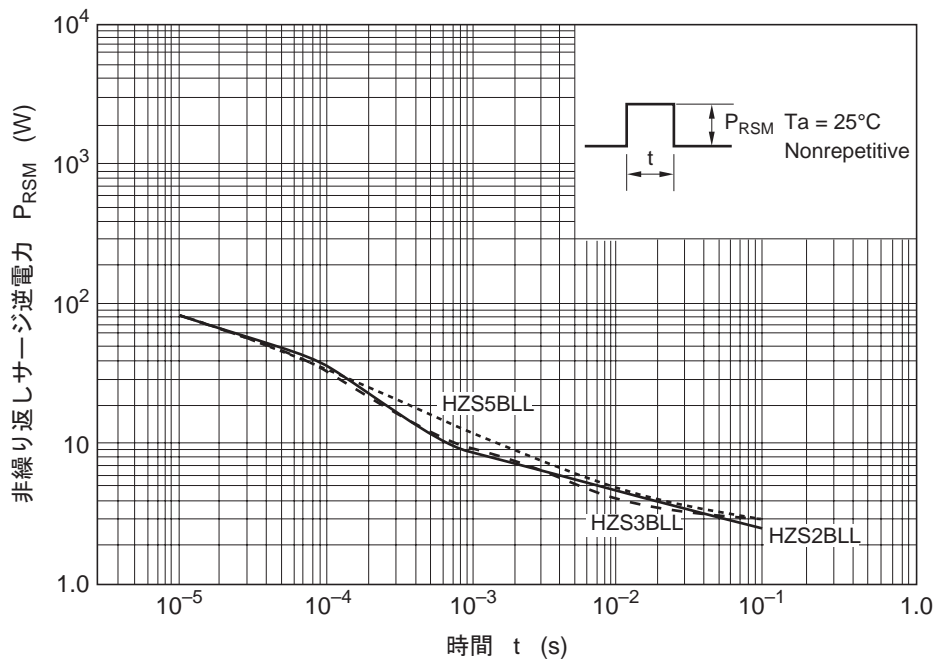


(d) HZSシリーズ

図 1.17 サージ逆電力特性 (参考データ) (続き)

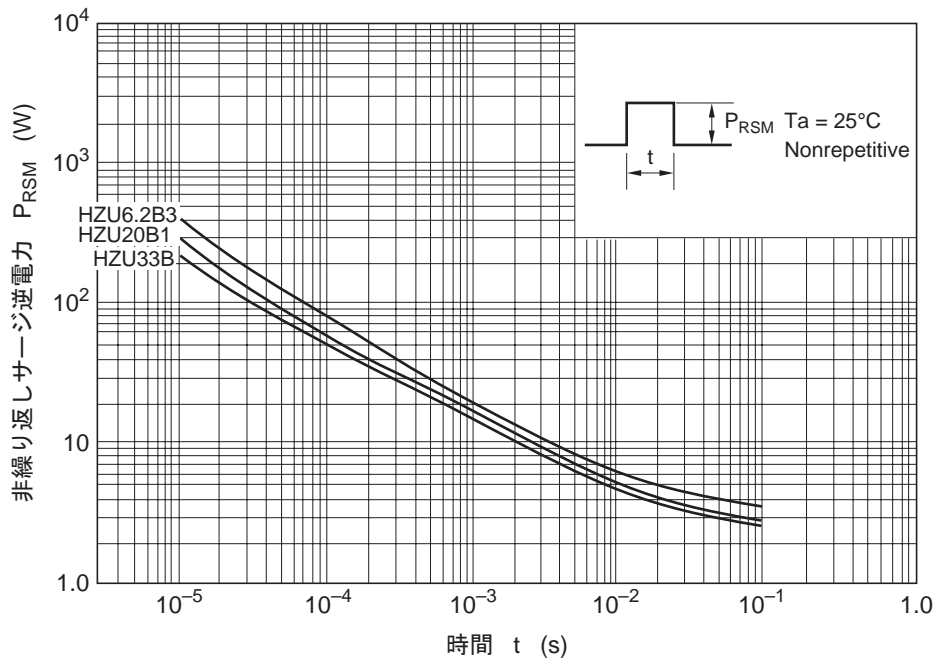


(e) HZS-Lシリーズ

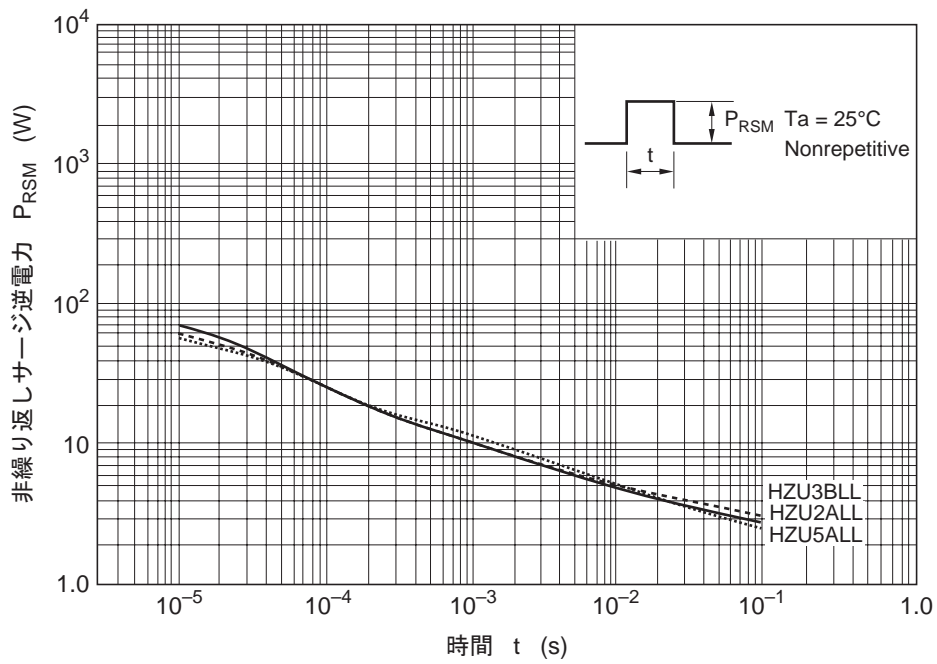


(f) HZS-LLシリーズ

図 1.17 サージ逆電力特性 (参考データ) (続き)



(g) HZUシリーズ



(h) HZU-LLシリーズ

図 1.17 サージ逆電力特性 (参考データ) (続き)

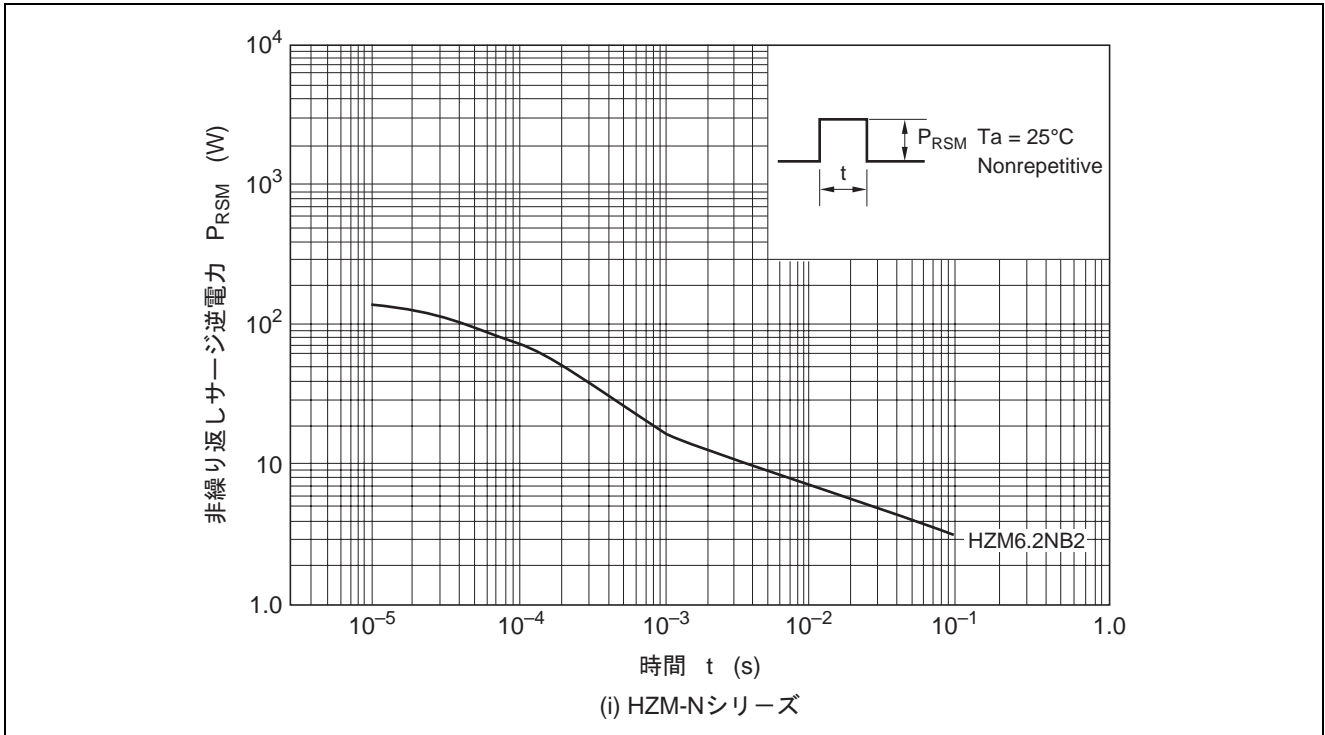


図 1.17 サージ逆電力特性 (参考データ) (続き)

1.7 ダイオード容量

ツェナーダイオードも一般ダイオードと同様、飽和領域では接合部に静電容量を持っています。一般にツェナーダイオードは傾斜接合形ダイオードであり、静電容量の印加電圧依存性は、次式で表せます。

$$C = \frac{C_g}{(\phi - V_a)^{1/3}}$$

$$C = [q^2 \cdot \epsilon^2 (N_a + N_d) / 12d]^{1/3}$$

C_g : V_R = 0V での容量

A : 接合面積

ε ≈ ε_S · ε₀ 誘導率で ε_S = 12

φ : 接合電圧差

N_a: N_d : アクセプタ, ドナー濃度

d : 障壁の高さ

V_a : 印加電圧

図 1.18 は、印加電圧によるダイオード容量 (C) の変化を示したものです。特にツェナーダイオードをサージ吸収波形クランプ等の用途にご使用の場合には、このダイオード容量を考慮して設計してください。

ダイオード容量はツェナー電圧により異なります。また印加電圧 (V) が大きくなるにつれて、ダイオード容量は小さくなります。詳細については当社営業窓口にご相談ください。

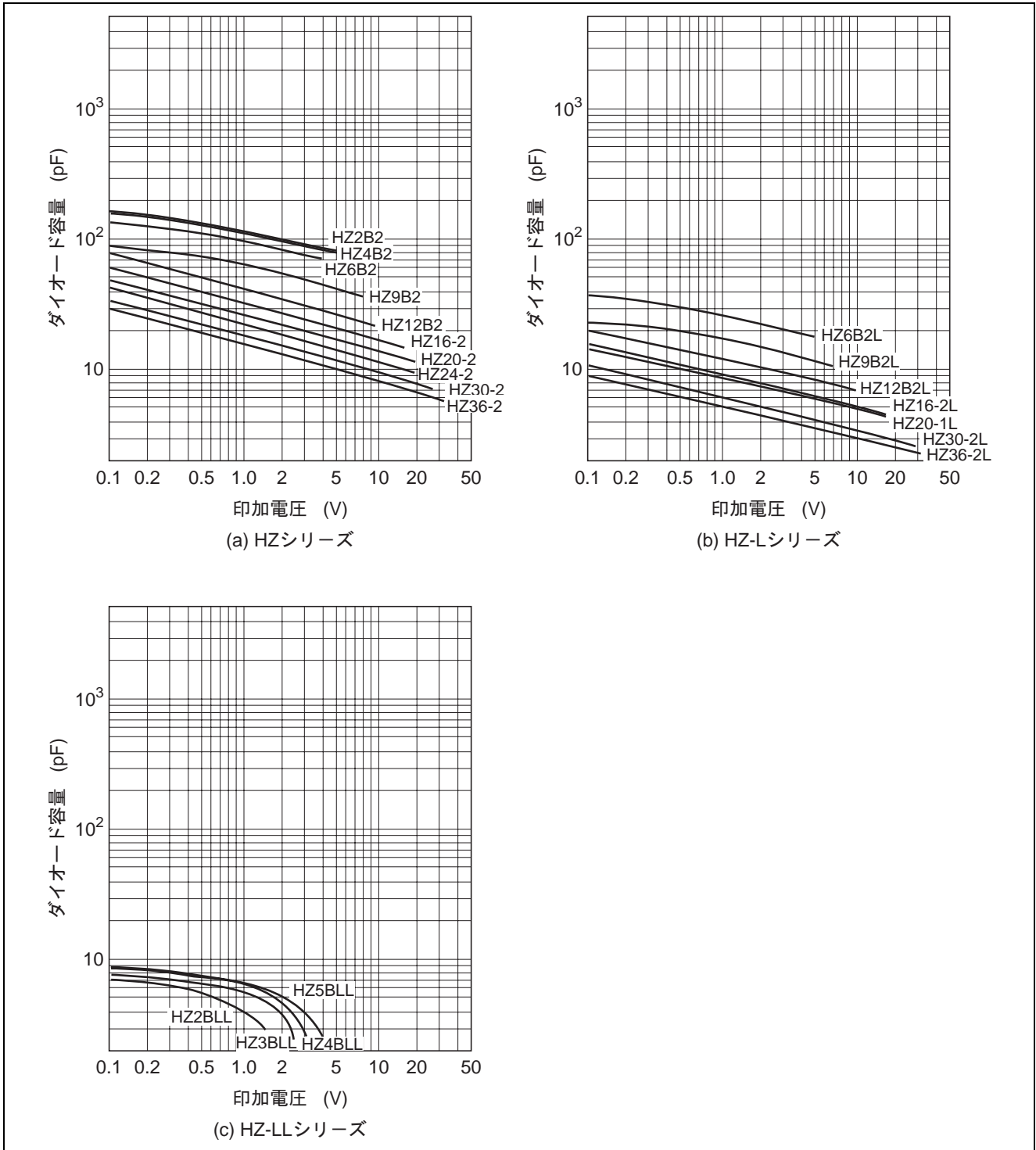


図 1.18 印加電圧とダイオード容量の関係 (参考データ) (続き)

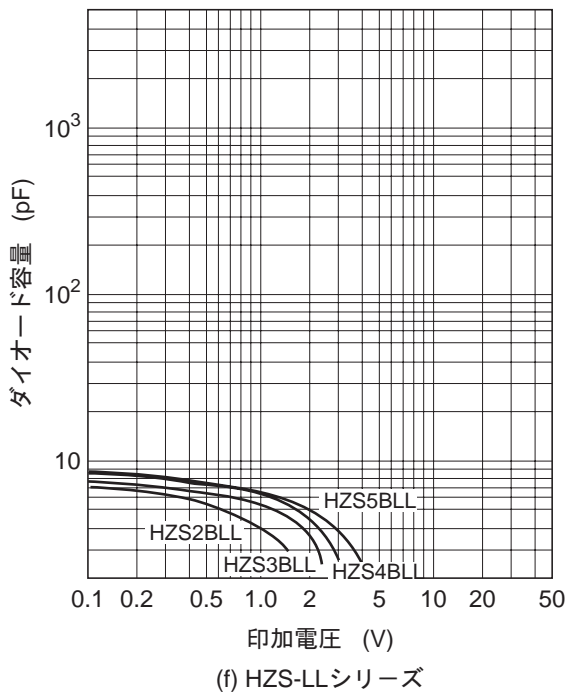
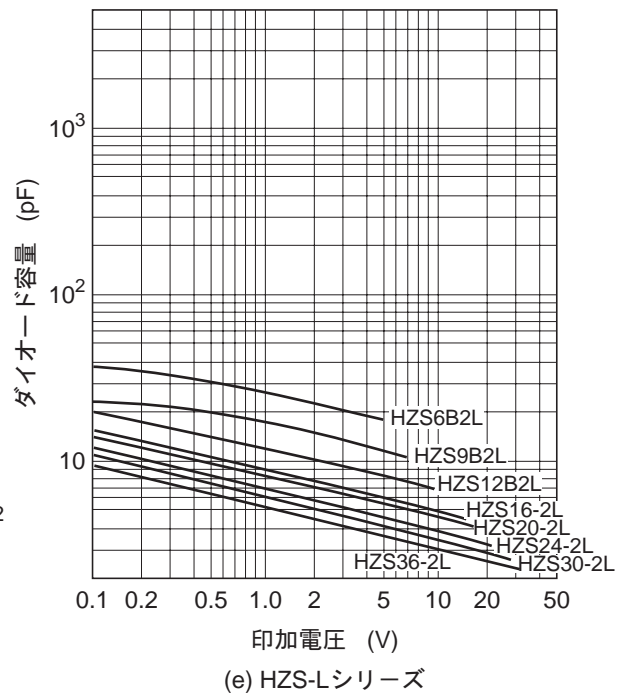
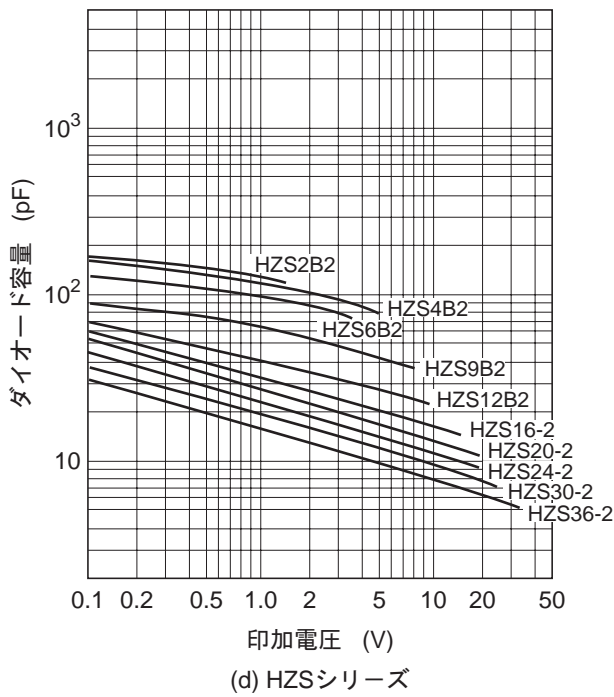


図 1.18 印加電圧とダイオード容量の関係 (参考データ) (続き)

2. 構造

2.1 チップ断面構造

ルネサスツェナーダイオードは、図 2.1、図 2.2 に示すように高品質のシリコン単結晶を使用し、高い信頼度を確保するためにシリコンプレーナ形ペレットを用いています。

2.2 構造および製造方法

定電圧用ツェナーダイオードは、DHD, LLD, MPAK, URP の各構造を採用し、DHD 構造の場合は、チップ・2つのヒートシンク材により強力的に圧着しています（図 2.3 参照）。このため、チップの自己発熱が十分に吸収され熱抵抗が小さくなり、高い信頼度を有しています。

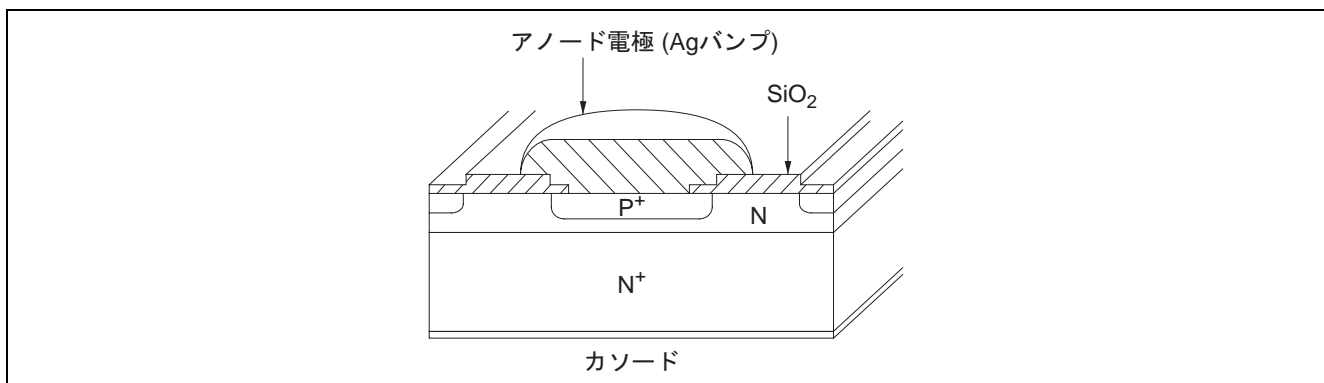


図 2.1 チップ断面図 (DHD, LLD)

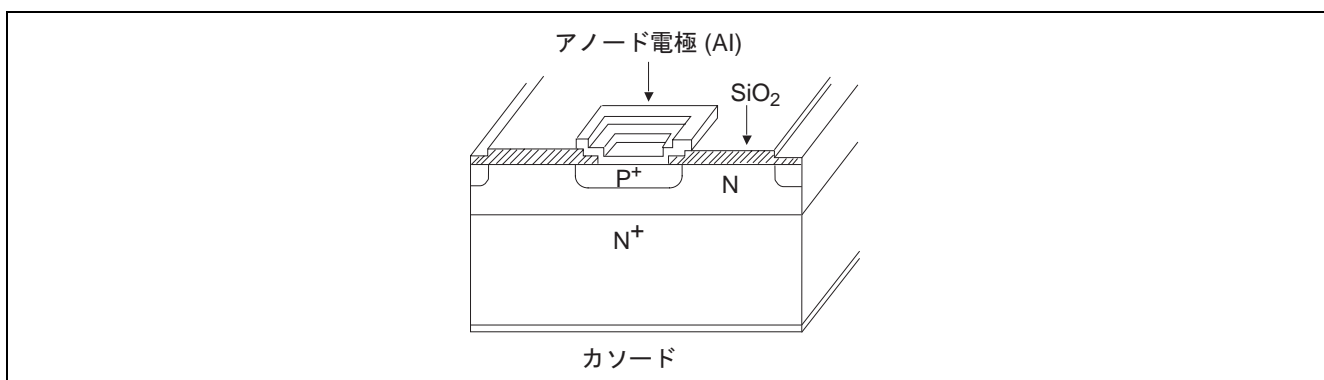


図 2.2 チップ断面図 (MPAK, URP)

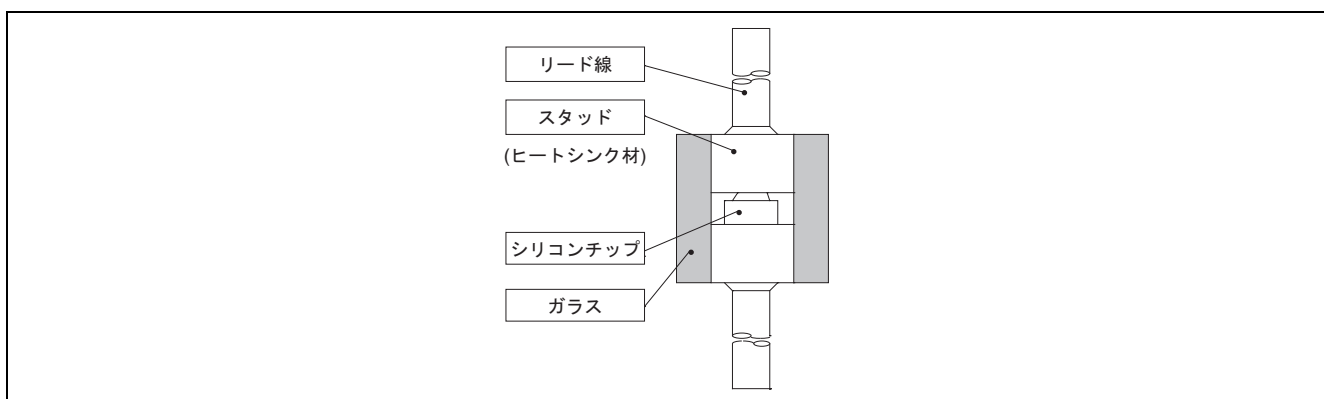


図 2.3 DHD 構造図

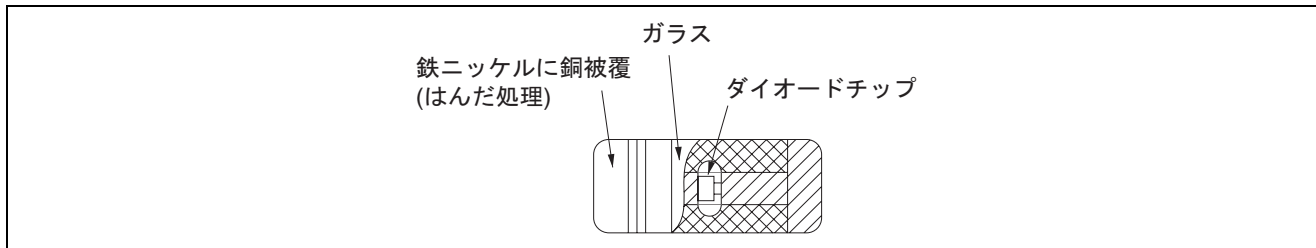


図 2.4 LLD 構造図

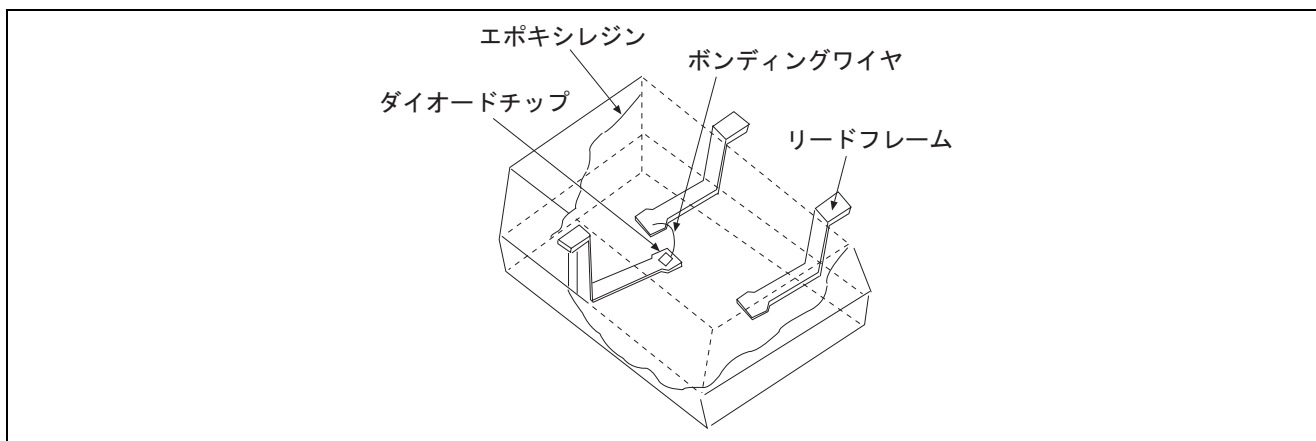


図 2.5 MPAK 構造図

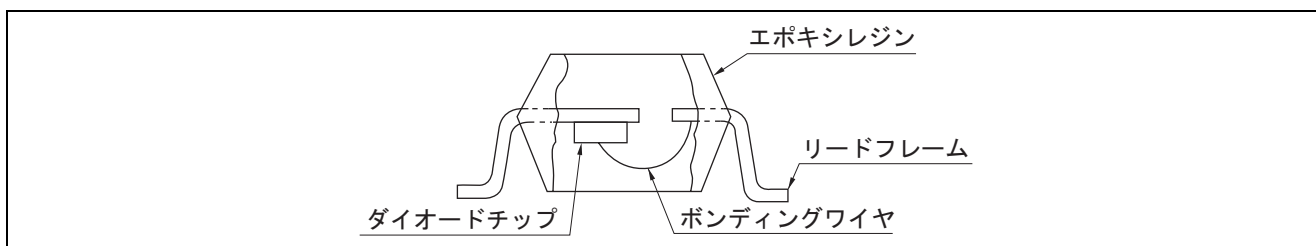


図 2.6 URP 構造図

3. 製造工程における品質管理

ルネサスツェナーダイオードは、製造から製品出荷に至るまで品質について万全の体制で臨んでおります。特に工程内での品質管理には細心の注意をはらっており、全作業工程間に取り入れているため、迅速な製品の異常の検出が可能で、安定な品質の維持に役立っております。

図 3.1 は製造工程を示したもので、図 3.2 はガラス封止形ダイオード、図 3.3 はプラスチック封止形ダイオードの工程内の品質管理の詳細を示したものです。

ルネサスダイオードの保証としては全数検査に加え、JIS Z 9015 に従った各種の抜取り検査ならびに定期的な信頼性保証体制をとっています。

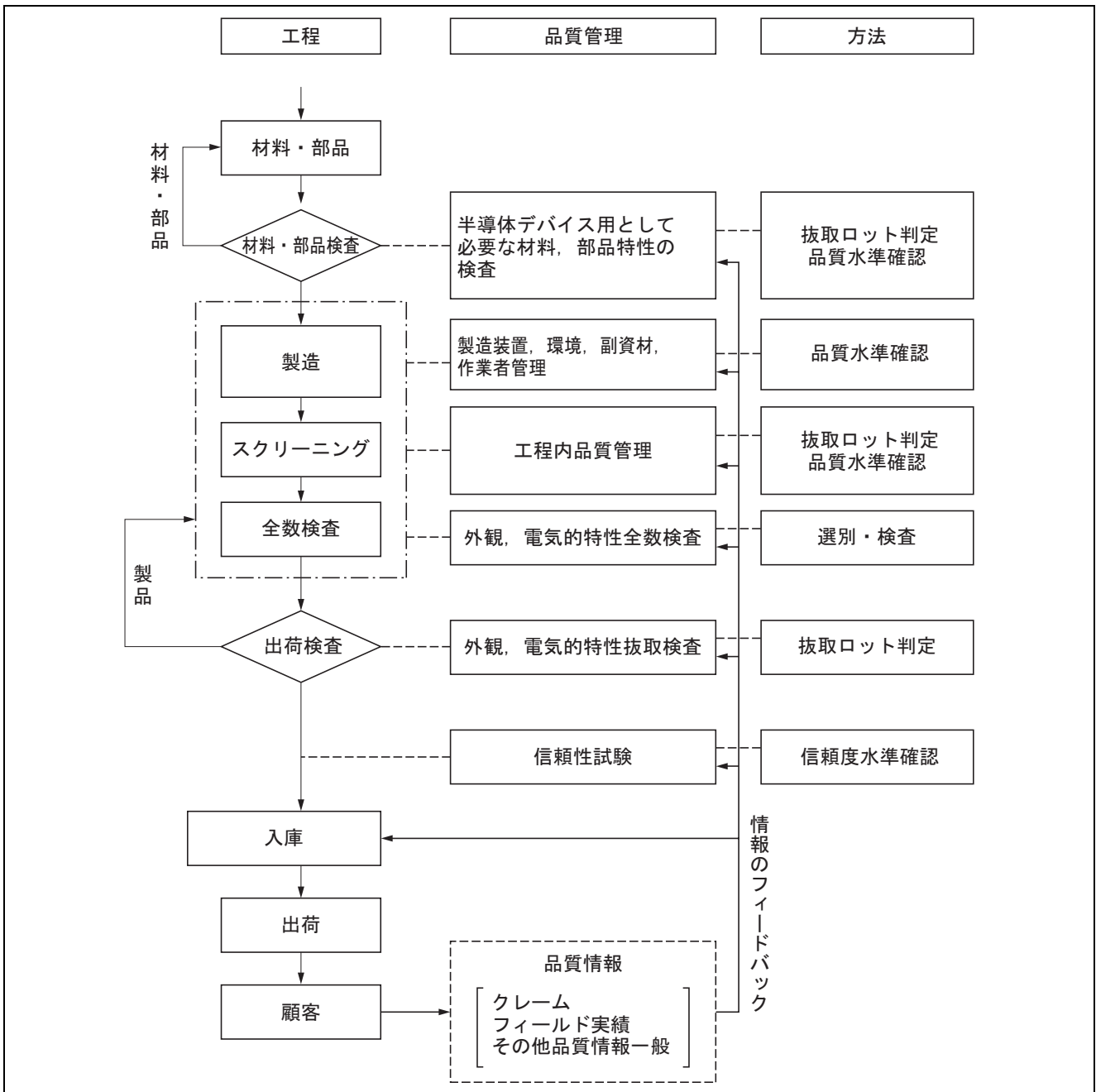


図 3.1 製造工程における品質管理の流れ図

工程	管理/確認項目	管理の主眼点
<p>材料購入</p> <p>ウェハ</p> <p>拡散 膜厚検査</p> <p>マスク</p> <p>ホトレジ ホトレジ検査</p> <p>電極形成 ◇ PQC</p> <p>ダイシング ペレット選別 ペレット洗浄 ◇ PQC</p> <p>リード ガラス</p> <p>組立</p> <p>封止</p> <p>はんだ処理 ◇ PQC</p> <p>スクリーニング *1)</p> <p>全数電気的特性検査 ◇ PQC *1)</p> <p>マーク</p> <p>テーピング, 梱包</p> <p>出荷検査</p> <p>入庫</p> <p>出荷</p>	<p>型番</p> <p>膜厚, 比抵抗</p> <p>ウェハ外観</p> <p>膜厚 ウェハ外観</p> <p>ペレット外観</p> <p>ペレット外観</p> <p>型番</p> <p>外観検査, はんだ膜厚</p> <p>加振IR</p> <p>電気的特性 選別不良解析</p> <p>テーピング寸法</p> <p>電気的特性, 外観</p>	<p>指定購入部品確認</p> <p>基準膜厚の確保 拡散状態の把握 指定購入部品確認</p> <p>傷, 位置ズレ</p> <p>基準膜厚の確保 傷, 電極形成状態の把握</p> <p>良, 不良品の選別</p> <p>ペレット傷, 割れ</p> <p>指定購入部品確認</p> <p>外観の確認</p> <p>解析情報のフィードバック</p>
<p>○: 作業工程 ◇: PQC (Process Quality Control) 工程 □: 検査工程</p>	<p>【注】 *1: H, J仕様, 個別規格により実施。 *2: 主要製造フローであり工程順が異なる場合があります。</p>	

図 3.2 ガラス封止形ダイオードの品質保証工程図

工程	管理/確認項目	管理の主眼点
<p>材料購入</p> <p>▽</p> <p>ウエハ →</p> <p>○ 拡散 □ 膜厚検査</p> <p>マスク →</p> <p>○ ホトレジ □ ホトレジ検査</p> <p>○ 電極形成 ◇ PQC</p> <p>○ ダイシング ○ ペレット選別 ◇ PQC</p> <p>フレーム →</p> <p>○ ダイボンディング ○ ワイヤボンディング ◇ PQC</p> <p>レジン →</p> <p>○ モールド ○ リード表面処理 ○ マーク ○ リード切断 ◇ PQC</p> <p>□ 全数電気的特性検査 ○ テーピング, 梱包</p> <p>□ 出荷検査 ○ 入庫</p> <p>↓ 出荷</p>	<p>型番</p> <p>膜厚, 比抵抗</p> <p>ウエハ外観</p> <p>膜厚 ウエハ外観</p> <p>ペレット外観 ペレット外観</p> <p>型番</p> <p>外観, ボンディング強度</p> <p>型番</p> <p>切断後外観検査</p> <p>電気的特性 テーピング剥離強度</p> <p>電気的特性, 外観</p>	<p>指定購入部品確認</p> <p>基準膜厚の確保 拡散状態の把握 指定購入部品確認</p> <p>傷, 位置ズレ</p> <p>基準膜厚の確保 傷, 電極形成状態の把握</p> <p>良, 不良品の選別 ペレット傷, 割れ</p> <p>指定購入部品確認</p> <p>ボンディング状態の確認</p> <p>指定購入部品確認</p> <p>外観の確認</p>
<p>○: 作業工程 ◇: PQC (Process Quality Control) 工程 □: 検査工程</p>	<p>【注】 *1: 主要製造フローであり工程順が異なる場合があります。</p>	

図 3.3 プラスチック封止形ダイオードの品質保証工程図

4. 信頼性

4.1 定期信頼性試験

ルネサスツェナーダイオードの信頼性を保証するために、定期信頼性試験を実施しております。試験サンプルのサンプリングは、ウェーハプロセス・パッケージ外形別に代表品種を選定し、1~2回/月の頻度で下表の試験を実施し、信頼性をモニタしています。

表 4.1 信頼性保証試験 (代表例)

試験項目	試験条件	備考
動作寿命	Pd Max, Ta = 25°C, t = 1000h	
高温高湿放置	Ta = 85°C, 85%RH, t = 1000h	
温度サイクル	Ta = -55 ~ 150°C, 10 サイクル	
プレッシャクッカー	121°C, 100%RH, 40h	プラスチック封止品のみ実施
はんだ耐熱性	260°, 10s	

4.2 信頼性データ

次にツェナーダイオードの信頼性試験データの具体例を示します。

4.2.1 故障判定基準例

ツェナーダイオードの故障判定基準例を表 4.2 に示します。

表 4.2 ツェナーダイオード故障判定基準例

項目	故障判定基準 ^{*1}		単位	備考	
	下限	上限			
電気的特性	逆方向電圧	$L \times 0.9$	—	V	
	逆方向電流	—	$U \times 2$	A	
	順方向電圧	—	$U \times 1.1$	V	
	ツェナー電圧変化率	-2	+2	%	
	断線, ショート	断線, 半断線 } 高・低温不良 ショート, 半ショート } も含む		—	
外観・その他	気密リーク	大リーク, 小リーク		—	ガラス封止形に適用
	外観	限度見本による		—	
	発錆, 変色	限度見本による		—	
	ソルダピリティ	限度見本による		—	
	マーク	限度見本による		—	

【注】 1. U: 初期規格上限値
L: 初期規格下限値

4.2.2 ツェナーダイオードの信頼性試験データ

ツェナーダイオードの信頼性試験結果の例を、寿命試験、環境試験に分けて表 4.3、表 4.4 に示します。なお、個々の品種の信頼性試験結果については、各品種別の信頼性資料を用意していますので、当社営業窓口までお問い合わせください。

表 4.3 ツェナーダイオード信頼性試験結果 1 寿命試験

試験項目	試験条件	シリーズ区分	試験数	総試験時間 (CH)	故障数	故障率* (hr ⁻¹)
動作寿命	Ta = 25°C Pd Max t = 1,000h	HZ	3,000	3.0 × 10 ⁶	0	3.1 × 10 ⁻⁷
		HZ-L	1,600	1.6 × 10 ⁶	0	5.7 × 10 ⁻⁷
		HZ-LL	450	4.5 × 10 ⁵	0	2.0 × 10 ⁻⁶
高温放置	Ta = 175°C t = 1,000h	HZ	350	3.5 × 10 ⁵	0	2.6 × 10 ⁻⁶
		HZ-L	230	2.3 × 10 ⁵	0	4.0 × 10 ⁻⁶
		HZ-LL	230	2.3 × 10 ⁵	0	4.0 × 10 ⁻⁶
低温放置	Ta = -55°C t = 1,000h	HZ	450	4.5 × 10 ⁵	0	2.0 × 10 ⁻⁶
		HZ-L	200	2.0 × 10 ⁵	0	4.6 × 10 ⁻⁶
		HZ-LL	200	2.0 × 10 ⁵	0	4.6 × 10 ⁻⁶
高温高湿放置	Ta = 85°C RH = 85% t = 1,000h	HZ	450	4.5 × 10 ⁵	0	2.0 × 10 ⁻⁶
		HZ-L	350	3.5 × 10 ⁵	0	2.6 × 10 ⁻⁶
		HZ-LL	350	3.5 × 10 ⁵	0	2.6 × 10 ⁻⁶

【注】 信頼水準 60%

表 4.4 ツェナーダイオード信頼性試験結果 2 環境試験 (HZ シリーズの場合)

試験項目	試験条件	試験数	故障数
はんだ耐熱性	260°C 10s	230	0
熱衝撃	0 ~ +100°C 各 5 分 10 サイクル	230	0
温度サイクル	-55 ~ +175°C 各 30 分 常温 15 分 10 サイクル	2,320	0
MIL 耐温性	-10 ~ +65°C RH ≥ 90% 10 サイクル	350	0
衝撃落下	14,700m/s ² 0.5ms XYZ 方向 各 3 回	230	0
自然落下	75cm 高 楓板上 3 回	2,320	0
可変周波振動	100 ~ 2,000Hz 196m/s ² XYZ 方向 各 4 分×4 回	150	0
振動疲労	60Hz 196m/s ² XYZ 方向 各 32h	230	0
リード引っ張り	5N 静荷重 30s	230	0
リード折曲げ	2.5N 90°折曲げ 2 往復	230	0
塩水噴霧	35°C 5%塩水霧中 24h	230	0
ソルダビリティ	230°C ロジン系フラックス付 5s	230	0

表 4.5 MPAK のはんだ付け処理後の信頼度試験結果

はんだ付け処理法	試験項目	試験条件	結果
はんだディップ法* (260° ± 5°C, 10s)	高温高湿放置	Ta = 65°C, RH = 95%, t = 1,000h	0/100
		Ta = 85°C, RH = 85%, t = 1,000h	0/45
	PCT	Ta = 121°C, 2.03 × 10 ⁵ Pa, t = 40h	0/100

【注】 パッケージ全体をはんだ浸漬する。

表 4.6 MPAK, URP の信頼度試験結果

分類	試験項目	試験条件	結果	備考
機械的試験	端子強度(1)	15° 折曲げ 1 往復	0/15	
	端子強度(2)	静荷重 2.5N 30s	0/15	
	衝撃落下	14,700m/s ² 0.5ms XYZ 方向 各 3 回	0/15	
	自然落下	75cm 高 厚さ 3cm 楓板	0/100	リード曲がり不問
	振動	60Hz 196m/s ² XYZ 方向 各 32h	0/15	
	可変周波振動	100 ~ 2,000Hz 196m/s ² XYZ 方向	0/15	
環境試験	温度サイクル(1)	Ta = -55 ~ +150°C 10 サイクル	0/450	
	温度サイクル(2)	Ta = -55 ~ +125°C 200 サイクル	0/400	
	はんだ耐熱性	260°C ± 5°C 10s	0/280	
	はんだ付け性	230°C ± 5°C 5s	0/360	
	熱衝撃	Ta = 0 ~ +100°C 5 サイクル (15s)(15s)	0/160	
	温湿度サイクル	Ta = -10 ~ +65°C RH ≥ 90°C 10 サイクル	0/40	
	PCT	Ta = 121°C t = 40h	0/360	
寿命試験	高温放置	Ta = 125°C t = 1,000h	0/120	
	低温放置	Ta = -55°C t = 1,000h	0/120	
	高温高湿放置	Ta = 85°C RH = 85% t = 1,000h	0/400	
	動作寿命	Ta = 25°C Pd Max t = 1,000h	0/45	

表 4.7 LLD の信頼度試験結果

分類	試験項目	試験条件	結果	備考
はんだ付け 処理後 *1	温度サイクル(1)	Ta = -65 ~ +175°C 10 サイクル	0/100	
	温度サイクル(2)	Ta = -55 ~ +150°C 200 サイクル	0/80	
	振動	60Hz 196m/s ² XYZ 方向 各 32h	0/40	
	端子強度 *2	基板バンド寸法 2mm 支点間隔 90mm	0/25	
	動作寿命	Ta = 25°C Pd Max t = 1,000h	0/240	
機械的試験	耐抗折力	20N 10s 保持間隔 2mm	0/25	
	耐圧縮力	20N 10s 軸方向	0/25	
環境試験	温度サイクル(1)	Ta = -55 ~ +150°C 10 サイクル	0/2400	
	温度サイクル(2)	Ta = -55 ~ +150°C 200 サイクル	0/800	
	はんだ耐熱性	260°C ± 5°C 5s 本体を横方向に浸漬	0/60	
	はんだ付け性	230°C ± 5°C 3s	0/76	
	熱衝撃	Ta = 0 ~ +100°C 10 サイクル	0/100	
	気密性	5.07 × 10 ⁵ Pa t = 2h	0/800	
	耐溶剤性	イソプロピルアルコール 30s	0/100	
寿命試験	高温放置	Ta = 175°C t = 1,000h	0/100	
	低温放置	Ta = -65°C t = 1,000h	0/100	
	高温高湿放置	Ta = 85°C RH = 85% t = 1,000h	0/240	

【注】 1. 基板実装条件

使用基板：ガラス布基材エポキシ樹脂 (JISC6484)

はんだ付け：260 ± 5°C, 5s, はんだディップ法

2. この試験の使用基板は、紙基材フェノール樹脂 (JISC6485)

4.3 信頼性試験による特性変動

信頼性試験では、単に良否判定を行なうだけでなく、試験前後の特性変動にも留意し、変動の大小の把握、原因分析を常に行なうとともに、より一層の高信頼化にたゆまぬ努力をしています。特性変動の例を表 4.8 に示します。

表 4.8 ツェナーダイオードの特性変動例

特性変動例		ツェナーダイオードの動作寿命試験による V_Z , I_R 経時変動
型名	HZ7	<p>測定条件：常温</p> <p>測定条件：常温 $V_R = 3.5V$</p>
試験条件	$T_a = 25^\circ C$ $P_d = 500mW$	
試験数	200 個	
故障判定基準	$V_Z = \text{初期値} \pm 2\%$ $I_R = 2\mu A$ 以下	
故障メカニズム	表面劣化	
結果の説明： (1) V_Z , I_R 共に安定に推移している。 (2) V_Z , I_R 共に初期規格内にあり、故障判定基準を越えるものは発生していない。		

4.4 使用上の注意点

ルネサスツェナーダイオードは、品質、信頼性に最大の注意をはらって製造されています。ダイオードの信頼性は、ダイオード固有の要因だけでなく、ユーザの使用条件（回路条件、実装条件、環境条件など）によっても変動します。

ダイオードを、より高信頼の状態でご使用いただくために、システム設計時、取扱い時、保管時にご配慮願いたい事項や注意点について示します。また、ご使用にあたっては、当社営業窓口にご相談ください。

4.4.1 最大定格について

半導体素子の最大定格は通常“絶対最大定格”で規定しており、各品種の最大定格表に示してあるすべての項目の値は、瞬時といえども越えてはならないものであります。これを越えると特性の劣化や破壊が生じ、故障率が大幅に増加します。常に最大定格内に納まるように使用してください。さらにシステムの高信頼性設計のためには、可能な限りデレーティングしてご使用ください。

表 4.9 に、信頼性設計上配慮すべきデレーティング基準例について説明します。

これらのデレーティング基準について装置の設計段階で考慮されることが信頼性確保の上で望ましく、基準内に設定することが困難な場合については、最大定格のより大きなデバイスを選定する等の別の手段が必要になります。

ツェナーダイオードのユーザ工程および市場故障モードを見ると、過電圧または過電流による素子破壊が主要因です。直流最大定格のほかにパルス動作、またはサージ電力が印加される場合には、安全動作領域について規格内でのご使用をお願いいたします。

表 4.9 デレーティング設計基準例

デレーティング要素		ダイオード
温度	接合温度	$(T_j - 25^\circ\text{C}) \times 0.5 \text{ 倍} + 25^\circ\text{C}$ 以下 例) $(T_j = 175^\circ\text{C} \rightarrow 100^\circ\text{C}$ 以下)
	素子周辺温度	— ($T_a = 5 \sim 35^\circ\text{C}$)
	その他	消費電力, 周囲温度, 放熱条件 $T_j = P_d \times R_{th(j-a)} + T_a$
湿度	相対湿度	45 ~ 75% RH
	その他	通常, 急激な温度変化等による結露がある場合は, 半導体素子とプリント基板をコーティングする。
電力	平均電力	$P_d \times 0.5 \text{ 倍}$ (特にツェナーダイオード)

- 【注】
1. 一般に過度状態に対しては、サージ等を含めたピーク電圧、電流電力接合温度は最大定格以下とし、信頼性のためのデレーティングは上記の平均値でデレーティングします。
 2. ツェナーダイオードをブレークダウンさせてご使用の場合、ある程度の電流を流す必要があります。電流が低い領域では、電圧の変動や雑音の発生等があり、不安定な動作になります。以下の動作電流でご使用願います。

ファミリ	シリーズ	動作電流
HZ 系	HZ HZS HZS-N HZK HZM HZU RKZ	$I_z = 1\text{mA}$ 以上
HZ-L 系	HZ-L HZS-L HZU-L	$I_z = 0.5\text{mA}$ 以上
HZ-LL 系	HZ-LL HZS-LL HZU-LL	$I_z = 0.5\text{mA}$ 以上

個別データでの確認は、当社営業窓口にご相談ください。

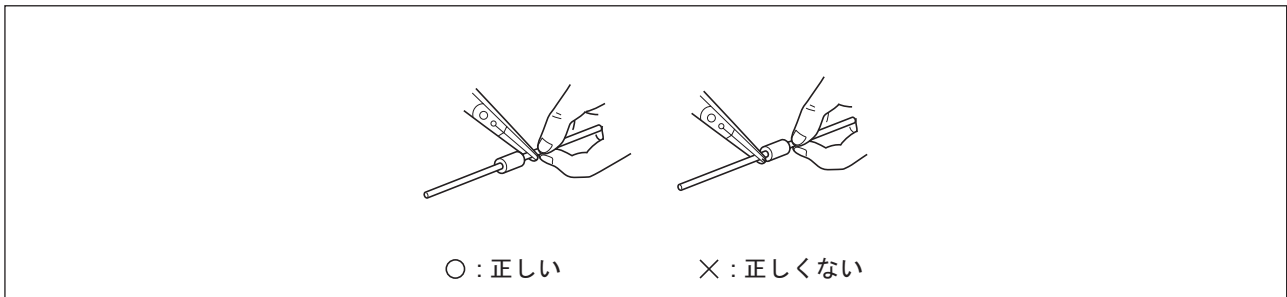
4.4.2 実装上の注意点

半導体素子を組み立て、実装する場合に、構造設計上あるいは実装作業上、考慮すべき注意点があります。設計時、取扱い時にご配慮いただきたい点について説明いたします。半導体デバイスの信頼性をそこなわないためには、次の事項を守ってください。

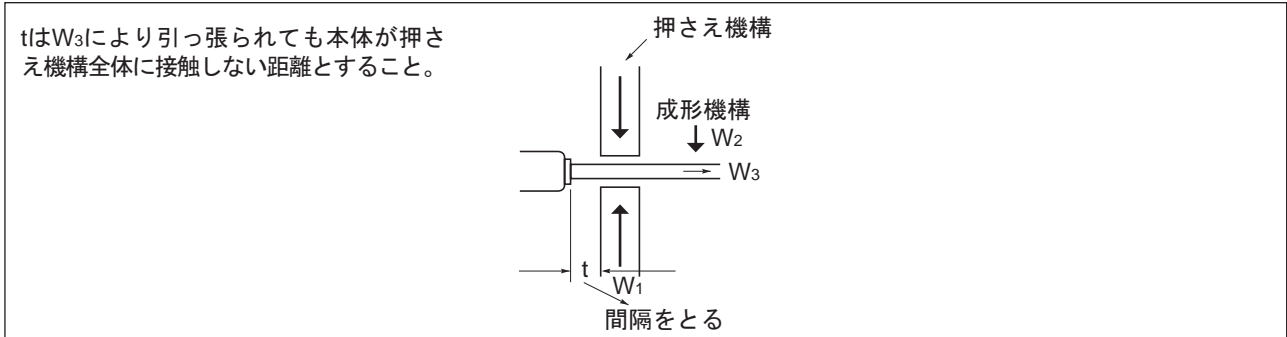
(1) リード成形、切断について

挿入形ダイオードをプリント基板に実装する際に、リード線を成形あるいは切断して使用しますが、この場合リード線に無理な力を加えると機械的に破壊させたり、寿命を縮めたりし、最悪の場合にはガラス割れを生じますので、リード線の成形、切断に際しては次の点を守ってください。

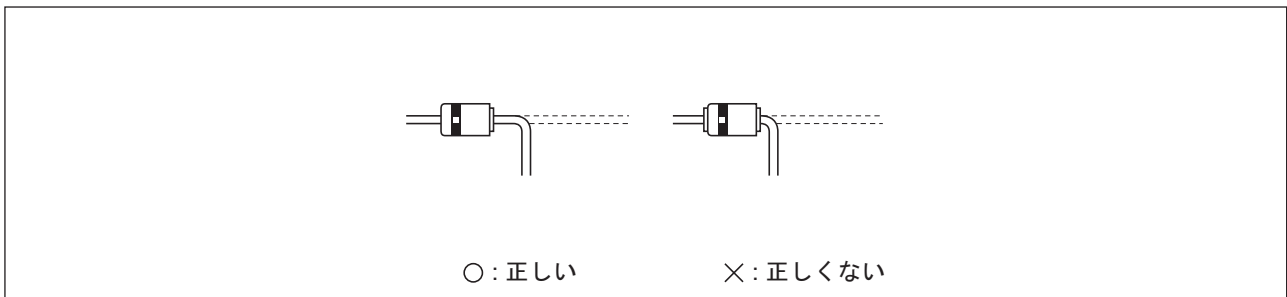
- a. リード線を折り曲げる場合には、パッケージ本体とリード線との間に相対的な力が加わらないように、曲げる点と本体の間のリード線を固定してください (図 4.1A)。金型を使って大量に成形する場合にも、リード線を固定する機構を設け、リード線押さえ機構もダイオード本体にストレスが加わらぬようにしてください (図 4.1B)。
- b. リード線を折り曲げる位置は、本体から離れた箇所を曲げるようにしてください (図 4.1C)。また 90° 以上は曲げないようにしてください。
- c. リード線の曲げは繰り返さないようにしてください。



A) リード線の曲げ方



B) 金属使用による曲げ方



C) 折り曲げ位置

図 4.1 リード成形上の注意点

- d. 挿入形ダイオードのリード成形や切断などを行なう場合、リード線から本体へ無理な力が加わらないようにしてください (図 4.2)。このような加工についてリード線から本体への引っ張り力を 10N 以下に抑える必要があります。したがって、リード線を約 30N の力で固定するか、または両方のリードの切断タイミングをずらすようにしてください。

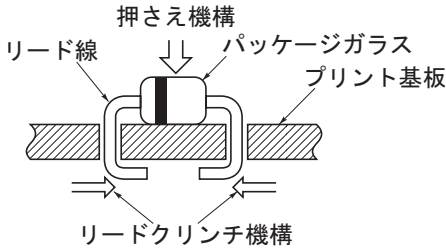
事例件名	自動挿入によるパッケージ破壊
デバイスの種類	ガラス封止形ダイオード
事例内容	<p>ダイオードの高速インサートマシンによるプリント基板への自動挿入において、デバイス本体の過大な押さえ力、または、基板裏面のリードクリンチ力過大でパッケージガラスの破壊が発生した。</p> 
対策法	<ol style="list-style-type: none"> 1) 押さえ機構 (型) の位置を調整する。押さえ型の材質を衝撃力の緩和ができるものにする。 2) リードクリンチ力を最小限にする。

図 4.2 自動挿入によるパッケージ破壊

(2) プリント板への取付けについて

半導体素子をプリント板に取り付ける際には、リード線に過大なストレスが加わらぬようにしてください。以下に主な注意点を述べます。

- a. プリント板の素子取付け穴間隔は、リード線の間隔と一致させ、素子挿入のときあるいは挿入後過大なストレスが加わらないようにしてください。
- b. プリント板に素子を挿入するとき、リード線を無理に引っ張らないようにし、リードとケースとの間に過大なストレスが加わるのを防いでください。
- c. 半導体素子と、プリント板の間は適当な間隔をあけてください。
- d. プリント板に固定後、リード線と素子本体の間にストレスがかかるような組立てをしないでください。たとえば、リード線をプリント板にはんだ付けした後に素子を放熱板に取り付けると、リード線長の公差によるばらつき、プリント板の寸法のばらつきにより過大な応力がリード線に集中し、リード線の抜け、パッケージの破損、断線をまねくことがあります。このような場合、素子を固定した後、リード線のはんだ付けを行なってください。
- e. 自動挿入、フォーミングを実施する際には、4.4.2(2)項に述べた事項を守ってください。
- f. ダイオードを基板へ装着した後、プリント基板の切断、分割をする場合、基板折曲げの反りにより、リード線またはパッケージへの過大な応力が集中し、パッケージ割れ、リードの抜けが発生する場合があります。このような場合、基板が反らぬような加工をしてください。

(3) はんだ付けについて

● 挿入形について

ガラス封止形ダイオードのはんだ付けの場合、はんだごて法、フローソルダ法などのいずれの方法においてもガラス割れ防止のため、できるだけ低い温度で、短時間で処理する必要があります。DHD 外形では本体から 1~1.5mm 離れた状態で 260°C Max で 10 秒以内、350°C で 3 秒以内ではんだ付け作業を行ってください。

このほか、ダイオードのはんだ付けに際しては、次の点を守ってください。

- はんだごてがダイオード本体に触れないようにしてください (図 4.3A)。
- はんだ付け位置はダイオード本体から 3mm 以上離してください (図 4.3B)。
- はんだ付け時のフラックスは、酸性やアルカリ性の強いものを使用するとリード線が腐食することがありますので使用しないでください。
- はんだ付け時にダイオードのガラスケースにはんだ、またははんだごて先が触れる場合には、はんだ付け前にダイオードをプレヒート (予備加熱) してご使用ください。プレヒートは、ダイオード本体の温度が 100°C 程度になるようにしてください。
- プリント基板にダイオードを挿入するときリード線を無理に引っ張らないでください (図 4.3C)。
- はんだごてに関しては、二次電圧をトランスで降下させてください。
- はんだごては、こて先をアースしたもので、リークのないものを適用してください。
- プリント基板への面装着などで接着剤を使用する場合、接着剤硬化後の硬度が高すぎますとダイオード本体が破壊することがありますので、硬度が高い接着剤は、使用しないでください。

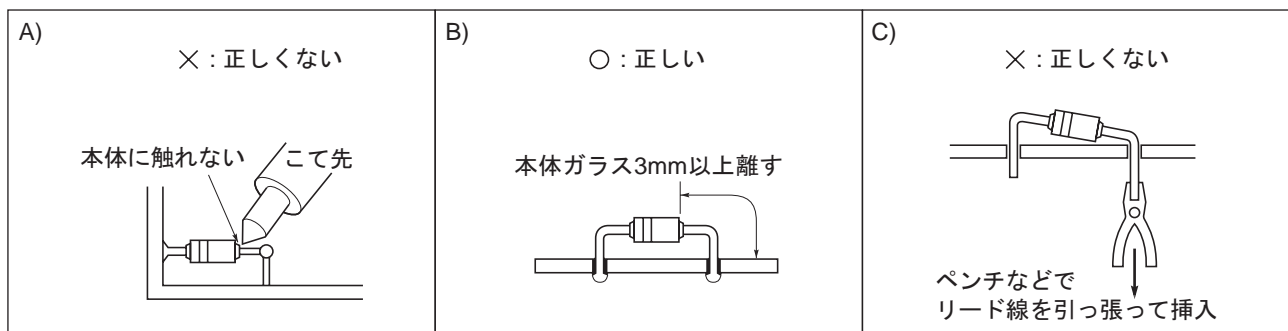


図 4.3 はんだ付け上の注意

● 面実装形ダイオード (SMD) について

面実装形ダイオードのはんだ付け条件の一例を表 4.10 に示します。

表 4.10 面実装形ダイオードはんだ付け条件例

項目 外形	フットプリント (ランド)寸法	クリーム はんだ厚	項目 外形	フットプリント (ランド)寸法	クリーム はんだ厚
MPAK-5		0.15 ~ 0.30mm	LLD		0.15 ~ 0.30mm
MPAK		0.15 ~ 0.30mm	URP		0.15 ~ 0.30mm

- 【注】 1. フットプリント (ランド) 寸法の単位は mm。
2. クリームはんだ厚はリフロー実装の場合の例。

(4) 洗浄について

- a. マーキングのかすれやカラーコードの退色性に関して
洗浄で消える場合もありますので、実際に使用される薬品で洗浄後、ご確認ください。
- b. 電気的特性および機械的特性（変色，変形，変質等）に関して
プリント基板洗浄後，はんだ付けフラックスや洗浄薬品中の腐食性物質が半導体デバイスに付着して残留した場合，素子の配線やリードの腐食が起こり信頼性が低下する可能性があります。
したがって，プリント基板が清浄になるように十分洗浄を行なう必要があります。プリント基板洗浄後の清浄度は MIL 規格に準拠してください。

洗浄後のプリント基板清浄度

項目	基準
残留 Cl 量	1 μ g/cm ² 以下
抽出溶剤の抵抗値 (抽出後)	2 × 10 ⁶ Ω · cm 以上

- 【注】
1. 基板面積：プリント基板の両面 + 搭載部品
 2. 抽出溶剤：イソプロピルアルコール (75Vol%) + H₂O (25Vol%)
(抽出前の抽出溶剤抵抗値は 6 × 10⁶Ω · cm 以上)
 3. 抽出方法：10ml/2.54 × 2.54cm² で基板両面を洗浄 (最低 1 分以上)
 4. 抽出溶剤抵抗値測定：伝導度計
なお，MIL 規格の詳細については MIL-P-28809A を参照し確認してください。

- c. 超音波洗浄に関して
デバイスの破壊を防止する上でデバイスが共振しないようにしてください。(一例を下記に示します)

— SMD

- 周波数 : 28 ~ 29kHz (デバイスが共振しないこと)
- 超音波出力 : 15W/1 (1 回)
- 時間 : 30 秒以内
- その他 : 振動源にデバイス，プリント基板が直接触れないこと。

(5) 部品配置について

半導体素子は使用する環境条件により信頼性および特性が左右されます。したがって，使用温度条件，放熱条件はもとより，システム内における半導体素子の取付け配置は高信頼性を維持するために十分吟味する必要があります。

取付け配置の不適切な実例として次のようなものがあります。

- a. 半導体素子の近傍に大型抵抗器等の発熱源があり，半導体素子用の放熱板を加熱したり直接半導体素子を加熱するような配置の場合は，異常な加熱により信頼度が低下することがあります。
したがってこの場合は通風を考慮した配置にしてください。
- b. 装置内でも高圧回路付近，装置下段の隅は塵埃が溜りやすい場所です。このような場所に設置された半導体素子は塵埃付着により絶縁劣化を起こしたり誤動作することがあります。対策方法としてプリント基板および半導体素子を防水性のあるレジンでコーティングするなどの方法があります。
システムの信頼性を確保し，向上させるために基板のコーティングが非常に有効です。
たとえば基板配線・半導体の端子間に導電性異物（はんだクズ，メッキクズ等）による短絡のための誤動作，ホコリの蓄積と吸湿によるノイズの発生，リーク電流大によるトラブル，また水蒸気，水滴にさらされたり，吸湿性のものを接触させたり，急激な温度変化により結露するような環境での使用は金属マイグレーション (Ag マイグレーション)，ガラス封止形ダイオードの気密性劣化の原因となります (図 4.4)。
高湿，結露，塵埃の蓄積があるきびしい環境下，長期間メンテナンスフリーで信頼性を確保しなければならないシステムにおいては，基板コーティングが重要な信頼性確保の手段となります。
コーティング剤として種々のものがあり，タフフィ*¹®TR-1141, TF-1150, TF-1154 や，ヒューミシール R1A27*²などが用いられています。

- 【注】
1. 日立化成工業株式会社製
 2. ボクスイブラウン社製

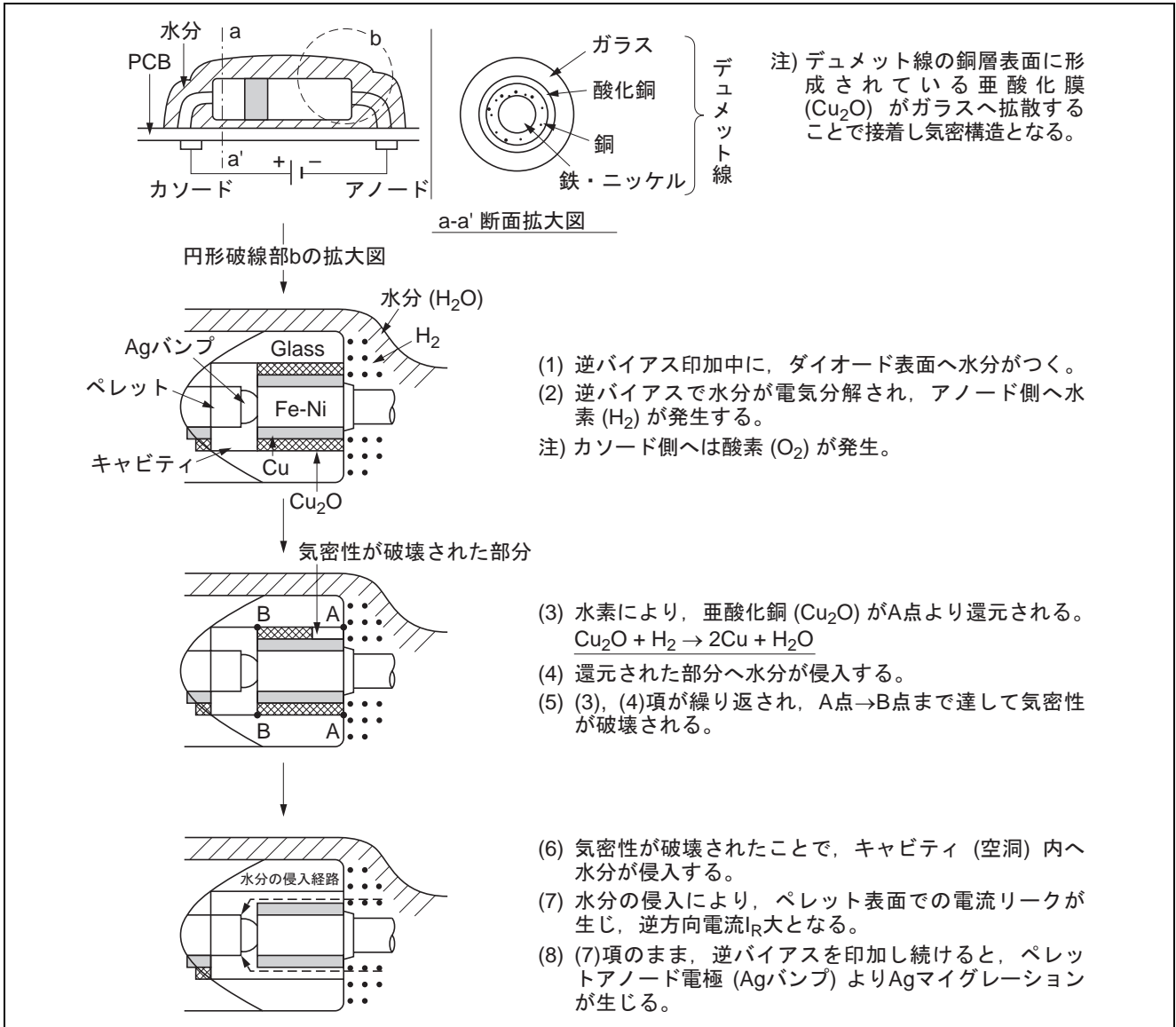


図 4.4 電蝕現象による気密リーク不良メカニズム

(6) ダイオードのモールドについて

- a. ダイオードをレジン、または樹脂などでモールドして使用する場合は、バッファコートレジンや硬度が低いモールド材料を使用し、ダイオードへのストレスを最小限にしてください。
- b. 硬度が高いモールド材を使用しますと、環境の変化、温度変化により断線、または破壊が発生することがあります。

(7) DHD 形ダイオード (LLD 含む) のサージオープン不良について

DHD 形ダイオード (LLD 含む) へ定格を越えるサージ電圧またはサージ電流が印加されますと、電気的特性ショート状態の他に図 4.5 のような断線不良に至る場合がありますので規格内でご使用ください。

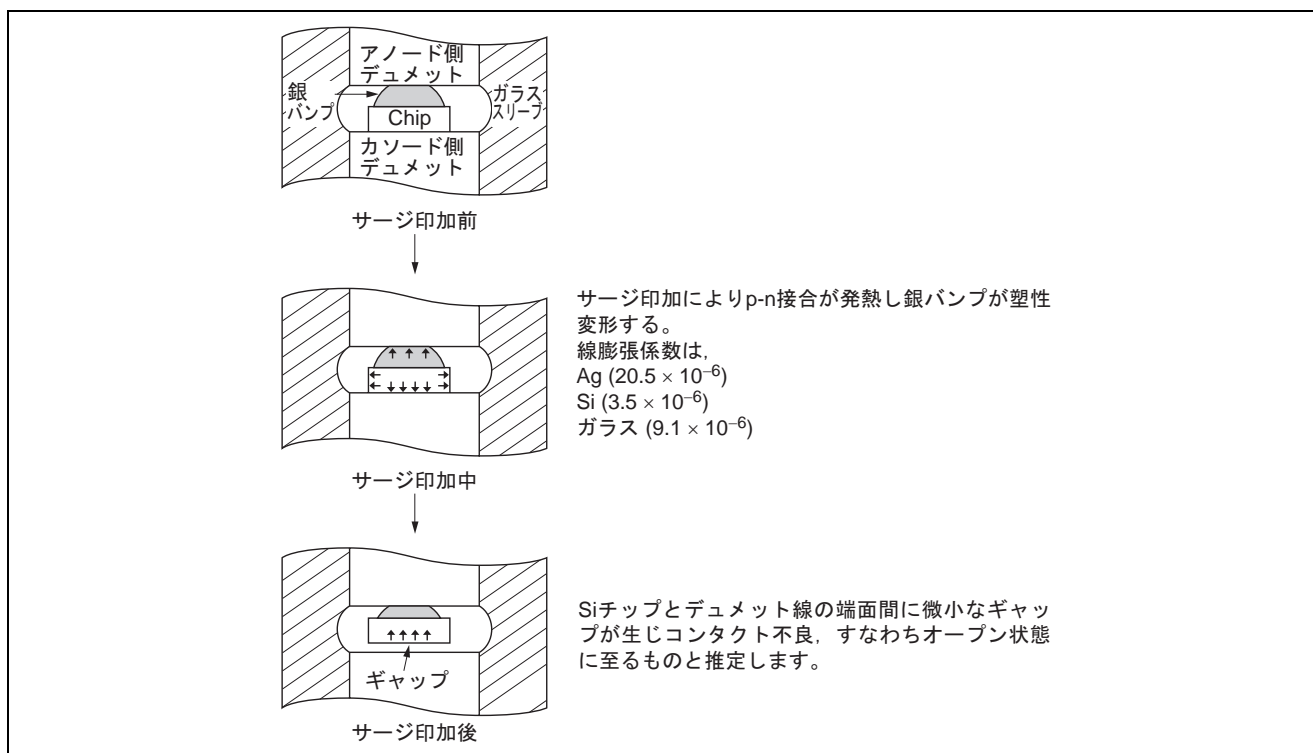


図 4.5 サージ印加時の熱による銀バンプの塑性変形メカニズム

4.4.3 回路実装上の注意点

信頼性設計という点では、回路設計上、初期規格を満足する設計はもとより、ディレーティングを適用することや、特性の変動分を考慮して設計上の余裕をもたせること等が必要です。信頼性の面から考慮していただきたい問題点として、配線上の問題や、外来サージ、リアクタンス負荷、ノイズマージン、安全動作領域 (ASO)、逆バイアス、フライバックパルス、静電気、パルスストレス等があります。

(1) 全般的注意事項

システムとして所定の信頼度を達成するために重要なことは、カタログに表されているパラメータ規格内で使用すること、および周辺部の影響も考慮して次の事項を守ってください。

- 半導体素子近傍が高温にならないように極力周辺温度を低くしてください。
- 電源電圧、入力電圧、消費電力等は定格値内とし、ディレーティングをはかりお使いください。
- 入力、出力、電源端子等に過電圧が印加されたり、誘起されないようにしてください。また強電磁波等が加わらないようにしてください。
- 静電気等が使用中に発生しないようにしてください。
- 高速度作用の素子の場合は、微細構造となっていますので、入力部分に保護回路等を設けるか、静電パルスが印加されないようにしてください。
- 電源のオンオフ時等の場合、電圧印加が不均等とならないようにしてください。たとえば、回路の接地端子がフローティング状態で、入力、電源端子等に電圧が印加されると過大なストレスが加わります。
- ダイオードを電氣的に破壊させることで、回路を保護するようなご使用はしないでください。主な項目について例を(2)に示します。
- 電磁波環境下での使用に関する注意点

ツェナーダイオードの近くに強い電磁波の発生源が存在する場合、その影響で特性が変動する場合があります。例えば、3W 出力のハンディ無線機 (144MHz, 430MHz) をダイオードから 10cm の距離に近づけたとき降伏電圧が低下する現象が報告されています。

使用環境において強い電磁波をうけるおそれがある場合は当社窓口にご相談ください。

(2) ノイズ，サージ電圧対策

サージ電圧や，静電気，ノイズ等の問題は，半導体素子全般に共通する問題であって，発生要因を除くための対策や，軽減させる対策が必要です。

一般に電子機器の設計において，商用電源の変動については，通常 10% 程度の増減を見込んで設計されているのが一般的と思われます。しかし周辺地域でサージ電圧の発生する機器装置等が使用されていますと，電源電圧の変動に起因する故障，誤動作が生じることがあります。これは，電源ラインに重畳されたサージによるもので，雷等の発生時にもインパルス状態のサージが誘起されます。これらに対しては，AC ライン側に図 4.6 のようなフィルタを入れることにより軽減することができます。AC ラインからサージや静電気が間接的に入らなくとも，回路基板内の部品や半導体素子に直接印加される可能性のある場合はシールド等をする必要があります。またシールドに対する対地インピーダンスが低いことが肝要であり，低くないと効果がありません。

直接静電気やサージパルス等がノイズとして印加されるおそれのある場合には，特殊な例として図 4.7 に示すような保護回路を入れることがあります。Ri × Ci の時定数は，動作に影響のない範囲で，サージパルス等の吸収に都合のよい範囲に設定します。

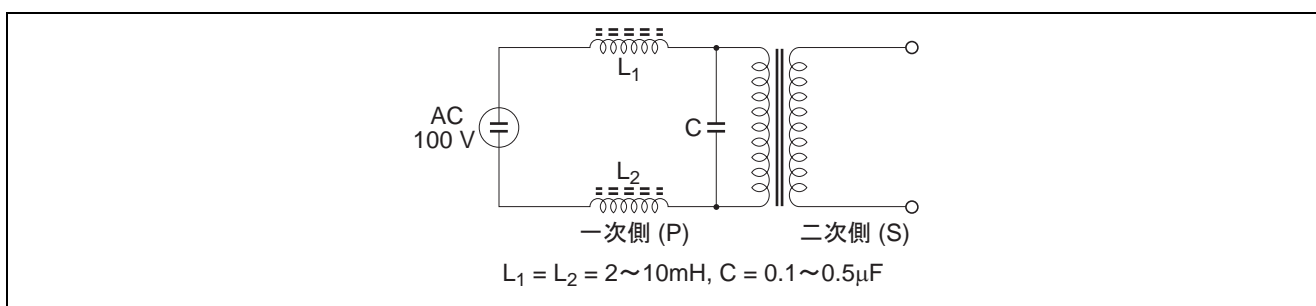


図 4.6 サージ吸収回路例

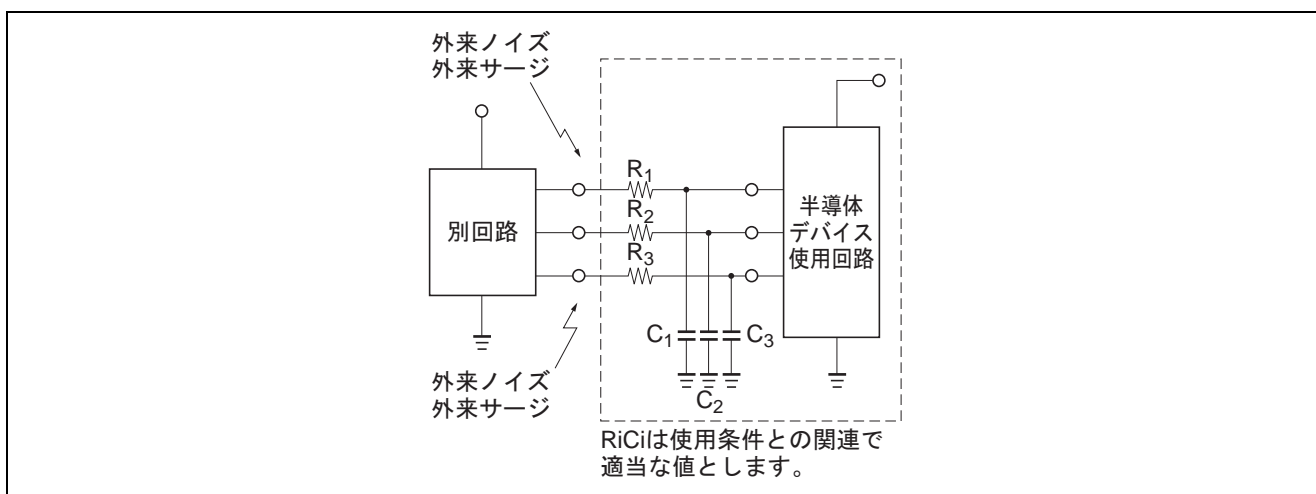


図 4.7 サージ保護回路例

(3) 特性パラメータと信頼性の関連

半導体素子には、それぞれ機能、用途に応じて特性パラメータが規定されており、それぞれ満足すべき範囲が定められています。システム設計上これらのパラメータの重要度が用途によって異なる場合も多く、一様には論じられませんが、重要なパラメータに関しては初期特性のマーヅンを見込んだ設計や、ディレーティングを実施する等の注意が必要となります。前者に関しては、システムとして動作範囲の限界を考慮してデバイスを選択すること、統計的設計法を適用すること、信頼性試験方法、およびルネサス半導体素子の信頼性の故障判定基準値を考慮して設計すること等の配慮が必要となります。後者に関しては、ルネサス半導体素子の信頼性で示したディレーティングの適用についてご参照ください。パラメータの変動については、実用状態ではほとんど変動は見られぬものと考えられますので、初期検査規格を用いて設計されても差支えない場合が多いと思われませんが、システム余裕度のない項目や、重要な項目については、故障判定基準値を考慮して設計してください。

以下にパラメータについての着目点を示します。

- a. そのパラメータの重要度はどうか、システム故障に至るか否か。
- b. パラメータの初期値マーヅンはどうか。
- c. 経時変動はあるか、あるとしたら余裕のある方向への変動か否か。
- d. 他の素子との共用上許容される変動か否か。
- e. 冗長設計は可能か。
- f. パラメータの統計的設計法の導入が可能か否か。

4.4.4 保管、運搬、測定上の注意点

その他の注意点として、保管輸送上の問題や、測定取扱い上の問題があります。

電子部品の保管、輸送上の一般注意事項は、半導体素子に関してもそのまま適用できますが、さらに特別に注意を要する点があります。以下に一般的な項目も含めて説明します。

(1) 半導体素子保管方法

半導体素子を保管する場合、以下のような方法が望ましく、十分な注意がなされないと電気的特性、ソルダビリティ、外観等の不良発生のおそれがあります。また時として故障に至る場合もあります。

以下に主な注意事項を示します。

- a. 保管の場所は温度、湿度が適切な範囲内にあることが必要で、 $5 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 、 $45 \sim 75\% \text{ R.H.}$ にしてください。
- b. 保管の雰囲気は、特に有害なガスの発生がなく、塵埃の少ない状態にしてください。
- c. 保管の容器は、静電気の帯びにくいものにしてください。
- d. 保管状態で、半導体素子に荷重がかからないようにしてください。
- e. 長時間にわたって保管する場合には、未加工の状態でも保管してください。リード線のフォーミングを行った場合、リード線の折曲がり部で発錆が起こることがあります。
- f. 保管時に急激な温度変化等により水分の結露が起きないようにしてください。

(2) 運搬上の注意事項

半導体素子の輸送、あるいは半導体素子の組込みユニット、サブシステム等の輸送に関しては、他の電子部品と同様の注意を必要とするとともに、(1)項に述べました配慮が必要であり、以下に述べる事項についても守ってください。

- a. 運搬用の容器、治具は、輸送中の振動等で帯電しないもの、静電気の発生しないものを使用してください。
- b. 半導体素子およびプリント基板の輸送の場合には、機械的振動、衝撃を極力少なくしてください。特に、ガラス封止 (DHD) 形ダイオードの袋詰梱包を取り扱われる場合は、次の点に注意してください。

下記のような取扱いを行なった場合、袋詰・梱包箱に顕著な外傷がない場合でも、袋中の製品同士がぶつかり合い、ガラス欠けや割れが生じる場合があります。

1. 袋詰や袋詰状態の製品が入った梱包箱を、床などに落下させる、または投げるようなことは行なわないでください。
2. 袋詰の製品を梱包箱で輸送する場合、輸送の振動や揺れが直接製品に加わらないように、緩衝材を使用するなどご配慮ください。

(3) 測定上の注意事項

- a. 人体衣服に帯電した静電気による破壊を防止するため、取扱い中は人体を高抵抗を介して接地し静電気を放電させます。この場合、抵抗値は $1M\Omega$ 程度とし、人体と GND 間の人体に近い側に挿入し感電などの危険を防止してください。
ご参考までに人体での静電気測定データを図 4.8 に示します。

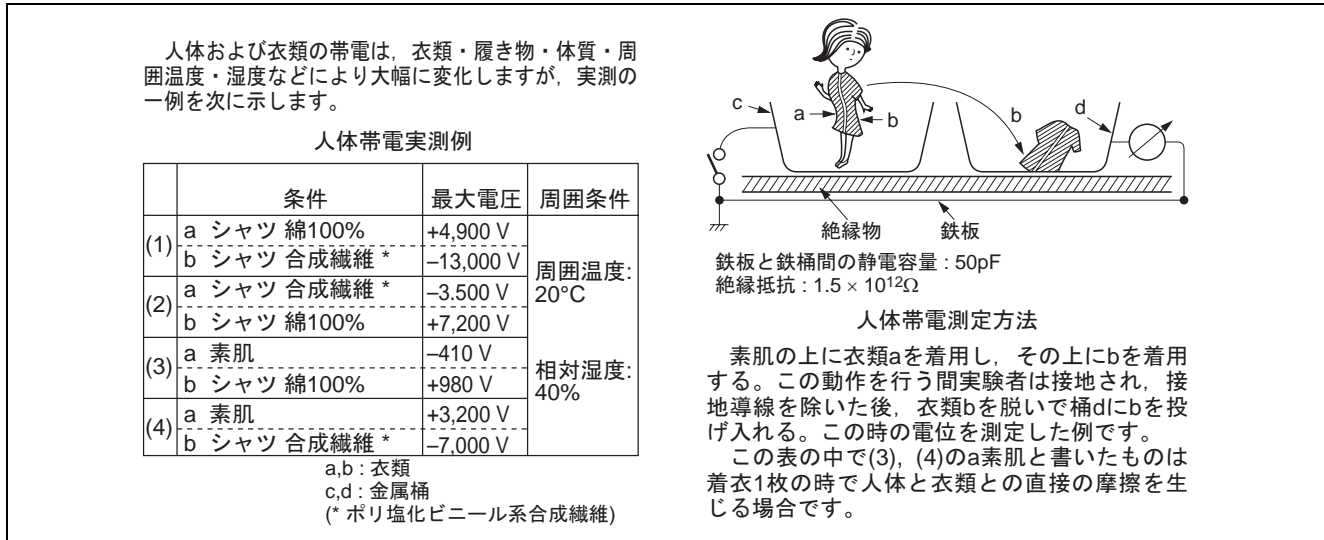


図 4.8 人体の帯電電圧測定例

4.4.5 各製品系列の使用上の注意点

(1) DHD 形ダイオード使用上の注意点

- a. ガラス封止 (DHD) 形ダイオードの本体の材質は、ガラスとリード線の溶着でできているため下記のような無理な力が加わらないようにしてください。
- ガラス封止 (DHD) 形ダイオードについては、コンクリート床上、ガラス板、鉄板等の硬い所に落下させたり、ガラスに無理な機械的衝撃を加えないようにしてください。封止ガラスにクラックを生じて特性劣化、破壊あるいは気密性劣化の原因となります。
 - ガラス封止 (DHD) 形ダイオードのリード成形や切断などを行なう場合、リード線から本体へ無理な力が加わらないようにしてください。このような加工においてリード線から本体への引っ張り力を $10N$ 以下に抑えてください。したがって、リード線を約 $30N$ の力で固定するか、または両方のリードの切断タイミングをずらすようにしてください。
- b. ダイオードの主な市場故障モードはサージによるものです。サージおよびディレーティング条件に十分ご配慮ください。

(2) SMD 使用上の注意点

- a. SMD を実装される場合は、基板への実装性を考慮した成形をしていますのでそのままご使用ください。UFP, SFP, EFP, VSON-5 は、極めて小さい特殊パッケージのためリード線の引っ張り強度が弱いため手作業による基板実装や実装後の手直しはしないでください。
- b. 基板への装着については、接着剤を使って仮装着を行い、その後、ソルダーにより平面取付けをされる場合がありますが、仮装着時に SMD に無理なストレスを加えないようにしてください。
- c. はんだ付けについては、SMD は小形パッケージのため熱容量の面からはんだ付け時の熱ストレスやフラックスおよび洗浄については下記に従ってください。
はんだ処理はなるべく短時間に行なうことが望ましく、下記条件の範囲で処理してください。(推奨条件は「面実装形ダイオード (SMD) について」の項を参照ください)
- フローソルダの場合： $260^{\circ}C$ 以下、10 秒以内
 - はんだゴテの場合： $350^{\circ}C$ 以下、3 秒以内
- はんだ付け時のフラックスは有機系 (ロジン) が多く使用されますが、SMD の場合も腐食性および絶縁性の観点よりロジン系のフラックスを使用してください。
SMD のはんだ付け後のフラックス洗浄方法として丸洗い方式、シャワー方式、超音波方式がありますが、いずれも 30 秒以内としてください。

- d. SMD を厳しい環境条件で使用する場合には、基板に組み込んだ後に耐湿コーティングを施してください。また、基板コーティングは外部からの異物や水滴からの保護としても有効です。4.4.2 (5)b 項をご参照ください。
- e. SMD を実装機でプリント基板へ装着する場合、リード曲がりやパッケージ破壊の発生を防ぐため、1N 以上の力を加えないでください。
- f. SMD をリフロー実装する際、実装バランスが悪いと製品の位置ずれ、浮き不具合になる場合がありますので以下の点に注意してください。
 - ランドパターンは、左右同型としてください。
 - ランド面積は、配線部も含め、左右同面積とし、はんだ量が均一になるようにしてください。
 - ランド位置は、左右対称となるようにしてください。
 - はんだ付け部は、同時に加熱されるようにしてください。(図 4.9 に示す方向を推奨)

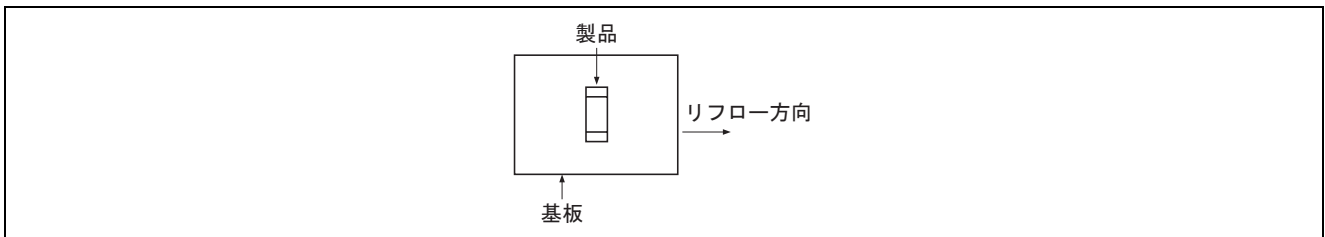


図 4.9

- g. SMD のリードの先端部は切断面のため、リードの素材が露出しております。したがって、リード先端部のはんだ付け性につきましては不問とさせていただきますので、お客様にてご確認をお願いいたします。

(3) LLD ダイオード使用上の注意点

- a. LLD ダイオードの基板装着に際しては、仮止め用接着剤の材質および付着量（特に多量の場合）によっては、はんだ付けおよびその後の熱ストレスによって、ダイオードに過大な応力が加わり、パッケージガラスのクラックなどが発生することがありますので硬度の低い接着剤を用い、できるだけ少量で仮止めをしてください。
- b. 信頼性の高い実装を行うため、ロジン系のフラックスをご使用ください。塩素系では、ジユメット部の腐食により信頼性が劣化することがあります。
- c. プリント基板への実装時および実装後、ダイオードへ過大なストレスが加わらないようにしてください。
 1. 横方向 : 10N 以下
 2. 軸方向 : 5N 以下 (圧縮力および引っ張り力)
 3. 基板の反り : 反り幅 2mm 以下 (支点間隔 90mm 時)



図 4.10

- d. LLD をリフロー実装する際の注意点は、4.4.5 (2)f 項をご参照ください。

(4) LLD, UFP ダイオード使用上の注意点

- a. 基板へ実装する際、基板の凸凹（例えばパッケージ下への配線プリントパターン等）がないようにしてください。
- b. 基板ブレイク等による基板の反り、たわみで製品に過剰な力が加わらないようにしてください。

4.4.6 製品安全について

(1) 製品安全における取組み

1995年7月から「製造物責任 (PL) 法」が施行となりましたが、当社は従来から品質は製品安全も含むという考えのもと、品質向上活動の一環として半導体製品の製品安全の推進を行なってきております。

以下当社の製品安全に対する基本的な考え方、取組みについて示します。

なお、当社のお約束する製品安全とは、部品である半導体製品自体に一般的に要求されるものであり、お客様による製品の用途、使用環境等に応じた安全対策は別途お客様側にて対応いただく必要があります。

a. 作込みからの製品安全対策

品質保証体系で示しました「信頼性プログラム例」、 「品質認定の流れ」等の各フローにおいて製品安全に関する項目を設け、製品の仕様決定、開発、設計段階から品質の一部として製品安全に取り組んでいます。

製品安全に関して製品の開発から出荷販売までの主要ステップにおける主な検討項目を表 4.11 に示します。

表 4.11 主な製品安全対策項目

主要区分	考察すべき項目 (主な点)
製品開発 仕様決定	顧客用途について 使用環境について
設計	破壊モードについて 誤動作モードについて
製造	製造ルールの遵守と明確化
品質保証 販売	各工程での品質保証と評価確認 各種ドキュメントの発行・徹底

b. ドキュメント対応

半導体製品を安全にご使用いただくために、製品の性能を示すデータシート等各種ドキュメントがあります。また当社では製品の仕様を十分に発揮してご使用いただくために製品安全性の面でも各種ドキュメントを発行しております。

表 4.12 製品安全に関連するドキュメント

適用区分	具体的ドキュメント例
製品仕様を示すドキュメント	データシート, データブック, 技術情報, 納入仕様書 (購入仕様書) 等
使用上の注意事項を示すドキュメント	信頼性ハンドブック, パッケージマニュアル等
その他のドキュメント (お客様との間で個別に作成されるドキュメント)	売買契約書, 品質契約書等

c. 仕様・品質打合せによる対応

お客様にその製品の仕様にふさわしい条件でご使用いただくため、必要に応じて品質打合せを実施させていただきます。前述のように各種ドキュメント等でアナウンスをしておりますが、より詳細な使用条件を提示させていただき、用途にふさわしい製品の選定等について打合せをいたします。

(2) お客様への依頼事項

当社の半導体製品を安全にご使用いただくために、以下の項目について装置・システム設計時にご検討ください。

- a. 当社の半導体製品のご利用に際しては、各種ドキュメントをご参照いただき、製品の仕様および動作・使用環境等の確認をしてください。ドキュメント類に関してご不明な点がございましたら、当社担当営業窓口にご確認ください。
- b. 当社の半導体製品を用いて高信頼性、高安全性が要求される市場（幹線通信機器、交通機器、航空宇宙機器、各種安全装置等）に使用される場合、貴社の装置（システム）設計にて半導体製品の特性、信頼性等を考慮してフェイルセーフ等のシステム設計上の対策を講じてください。
- c. 当社の半導体は、人命に関わる装置用として特別に開発したものは用意しておりません。ライフサポート関連の医療機器用として当社の半導体の採用をお考えのお客様は、当社営業窓口へお客様にてシステム設計上の対策をしていただけるかをご連絡ください。
- d. 当社では、半導体製品を問題なくご使用いただくために、製品選定などの点で必要に応じてお客様との打合せ等を実施させていただいております。製品安全に関しご懸念の点がありましたら、お気軽にご相談ください。

5. 製品出荷とアフターサービス

5.1 出荷方法

ルネサスツェナーダイオードは、ご使用の便宜を考えて“完成品袋詰出荷”以外に、テーピング出荷の用意もしています。

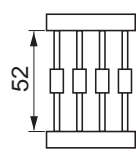
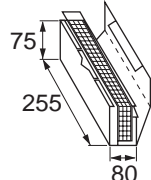
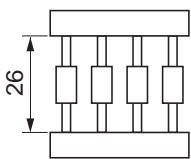
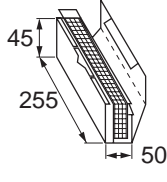
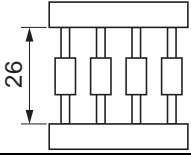
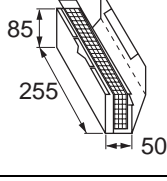
5.1.1 テーピング仕様

(1) 横形テーピング

横形テーピングは区分 I, II, III の 3 種類を標準とし、下記に示す方法で作成します。

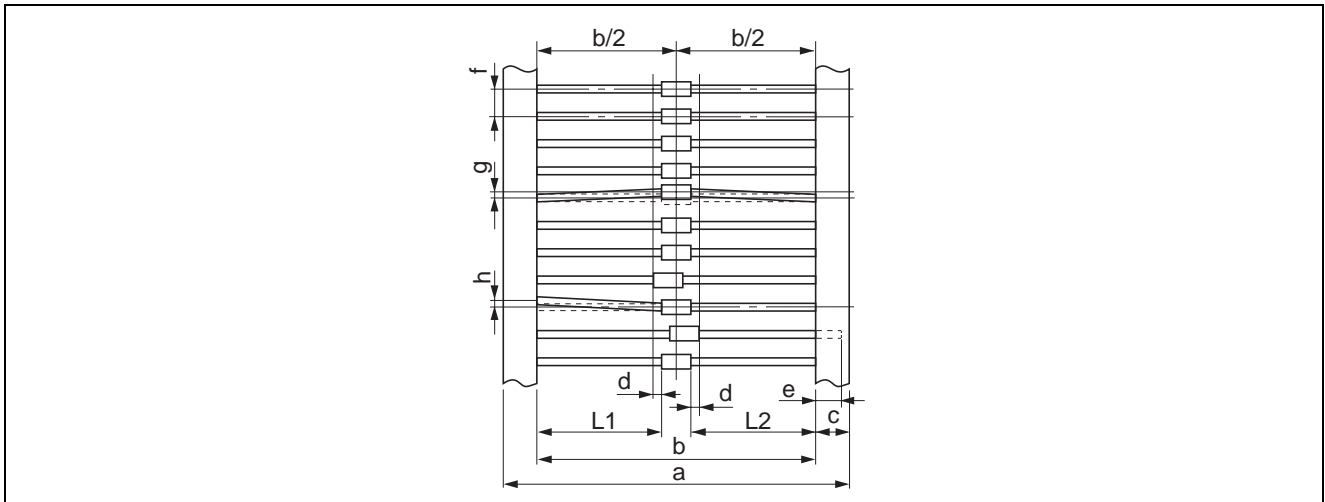
a. テーピング仕様

単位：mm

テーピング記号	パッケージ外形	形状寸法	外観	数量	
ツツラ折り方式	TA *2	DO-35 MHD	区分: I 		5000pcs
	TD *2	DO-35 MHD	区分: II 		2500pcs
	TE	DO-35 MHD	区分: III 		5000pcs

- 【注】 1. 形状寸法の詳細は、b.テーピング寸法をご参照ください。
2. 推奨テーピング梱包仕様です。

b. テーピング寸法



単位：mm

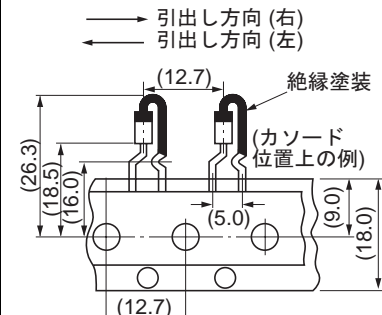
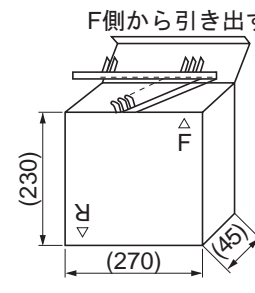
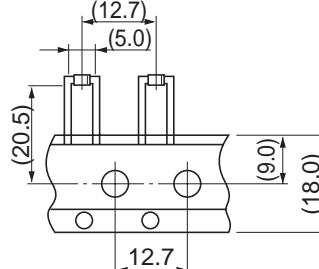
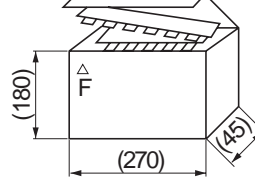
記号	テーピング寸法区分		
	I	II	III
a	64 ± 1.5	38 ± 1.5	38 +1.5/-1.0
b	52.4 ± 1.2	26 +1.2/-0	26 +0.5/-0
c	6 ± 0.5	←	6 ± 0.4
d	±0.5	±0.5	±0.2
e	3.2 min	←	←
f	5.0 ± 0.38	5.0 ± 0.38	5.0 ± 0.3
g	± 1.0	1.0 max	±0.5
h	1.0 max	←	←
L1-L2	1.0 max	1.0 max	0.4 max
JEDEC CODE	TA21 (R)	TA11 (R)	—

(2) ラジアル形テーピング

ラジアル形テーピングはカートリッジ巻方式とツツラ折り方式があります。

a. テーピング仕様

単位：mm

テーピング記号	パッケージ外形	形状寸法	外観	数量
ツツラ折り方式	RE *2	 <p>引出し方向 (右) 引出し方向 (左)</p> <p>絶縁塗装 (カソード位置上の例)</p> <p>(26.3) (18.5) (16.0) (12.7) (5.0) (9.0) (18.0)</p>	 <p>F側から引き出す</p> <p>(230) (270) (45)</p>	4000pcs
	REB			
	RX *2	 <p>(12.7) (5.0) (20.5) (9.0) (18.0) 12.7</p>	 <p>Fの位置から引き出す。 Fが印刷してある面側にガラスボディ、 梱包箱から引き出したとき カソードから出てくるのがRX アノードから出てくるのがRY</p> <p>(180) (270) (45)</p>	2500pcs
	RY			

- 【注】 1. 寸法については EIAJ RC-1008A の縦形テーピング形状 C に準じております。
2. 推奨テーピング梱包仕様です。

b. テーピング記号

ラジアル形テーピングは、フォーミング形状、カソード位置、包装方法および引出し方向により下記のテーピング記号を付けております。

包装方法	テーピング記号	カソード位置		引出し方向	
		上	下	右	左
ツツラ折り	RE/REB				
	RX RY	F が印刷してある面側にガラスボディ、 梱包箱から引き出したとき カソードから出てくるのが RX アノードから出てくるのが RY			

(3) 面実装用テーピング

a. 8mm テーピング仕様

外形	梱包形態	梱包単位	梱包仕様コード	備考
LLD		2500 (個/リール)	TR * ² (Taping to <u>R</u> ight)	TR引出し方向→ 
			TL (Taping to <u>L</u> eft)	TL引出し方向→ 
MPAK-5		3000 * ³ (個/リール)	TR * ² (Taping to <u>R</u> ight)	TR引出し方向→ 
			TL (Taping to <u>L</u> eft)	TL引出し方向→ 
MPAK		3000 * ³ (個/リール)	TR * ² (Taping to <u>R</u> ight)	TR引出し方向→  (マーク面が上)
			TL (Taping to <u>L</u> eft)	TL引出し方向→  (マーク面が上)
URP		3000 * ³ (個/リール)	TR * ² (Taping to <u>R</u> ight)	TR引出し方向→ 

- 【注】
1. デバイス抜け 0.2%/リール，連続したデバイス抜け = 0/リール
 2. 推奨テーピング梱包仕様です。
 3. 10,000 (個/リール)，12,000 (個/リール) の梱包単位もございますので，その際には，当社営業担当者とあらかじめご相談ください。

5.2 アフターサービス体制

製品出荷後，万一製品品質問題が発生した場合，品質保証部門は，設計，製造部門などと協力して，不具合の原因究明を行ない，設計および製造工程にフィードバックし，品質の維持，向上および再発防止に最善の努力をはらっております。これらの処理状況は，随時営業，営業技術部門からお客様にご報告いたします。

図 5.1 にクレーム処理フローを示します。

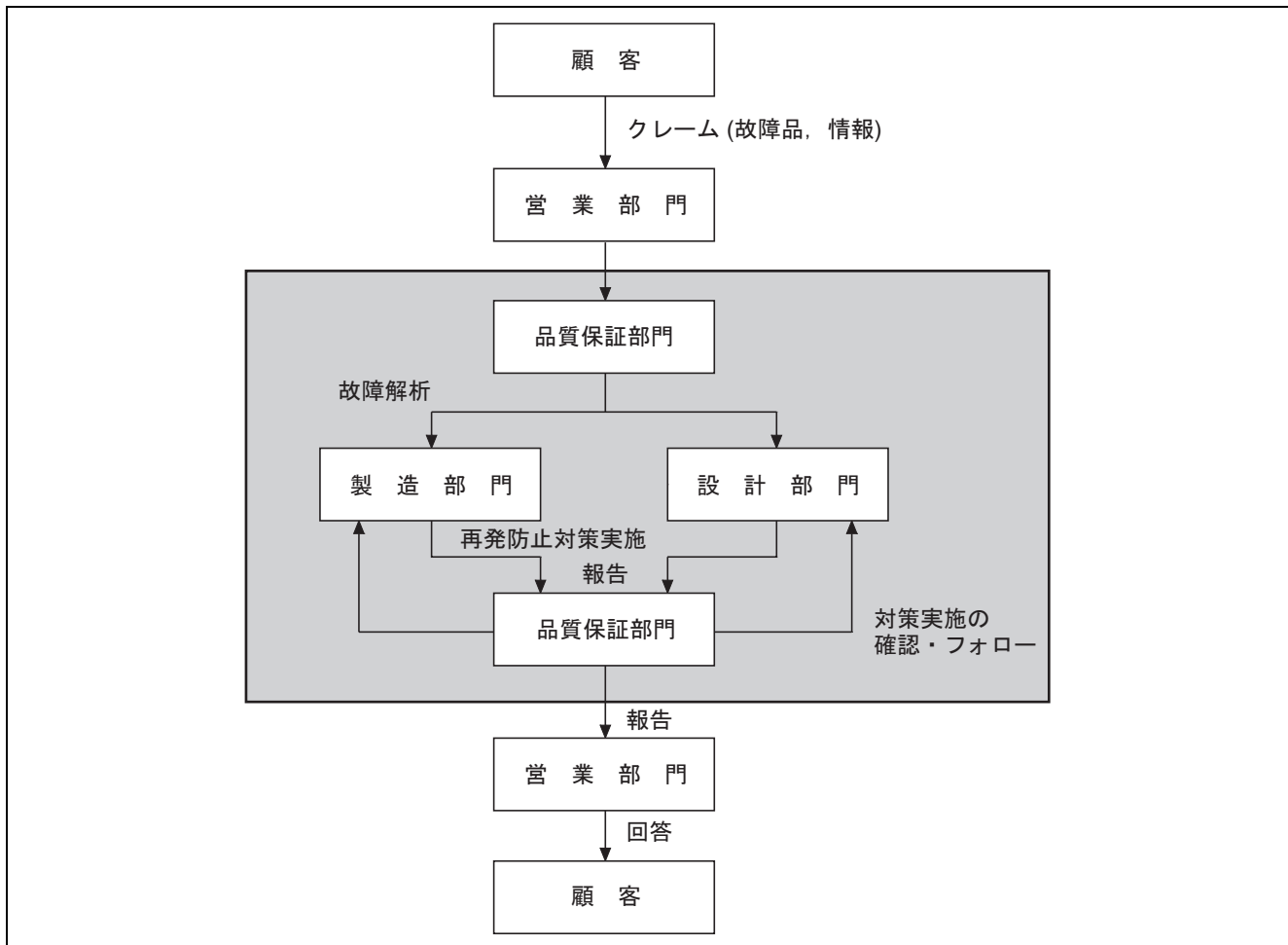


図 5.1 クレーム処理フロー

6. ツェナーダイオードの応用例

6.1 ツェナーダイオードの一般的な選択

ルネサスツェナーダイオードは、HZ, HZ-L, HZ-LL, HZS, HZS-N, HZS-L, HZS-LL, HZK, HZK-L, HZK-LL, HZM-N, HZU および HZU-LL の多種を用意し、あらゆる用途に十分対応可能です。

用途に適したシリーズ選択の目安として、表 6.1 をご参照ください。

各シリーズの特長は以下のとおりです。

- HZ シリーズ
500mW 保証の一般ツェナーダイオードで、2V ~ 37V の間を 2 ~ 4% の電圧公差で 104 区分していますので、 V_z のバラツキが少なく、使いやすくなっています。
- HZ-L シリーズ
HZ シリーズと同様、5.3V ~ 37V の間を 75 区分してご使用の便宜を計っています。
本シリーズは、500 μ A 以上の領域での立ち上がり特性および低雑音特性に特に留意したツェナーダイオードで、オーディオ機器、乾電池駆動機器等の電源安定化、波形整形に適しています。
- HZ-LL シリーズ
本シリーズは、低電流領域での立ち上がり特性、低雑音特性に加えて、温度係数小、静電容量小の特長を生かして周囲温度変動の激しい自動車搭載機器、高周波信号整形等の機器に適しています。また、低電流領域での特性を生かして、Ni-Cd 電源の安定化、RAM バックアップ用電池の電圧検出等幅広い用途に適用できます。
- HZS シリーズ, HZS-N シリーズ
HZ シリーズのチップを MHD (DO-34) 外形のパッケージに入れたシリーズで、許容損失は 400mW になりますが、他の特性は HZ シリーズと同等です。
MHD パッケージは、本体ガラス長が 2.2mm typ. (2.4mm max.) で、従来の DO-35 パッケージの本体ガラス長に比べ約 68% と小形化されていますので、プリント基板に 5mm ピッチで実装が可能です。
- HZS-L シリーズ
HZ-L シリーズのチップを MHD (DO-34) 外形のパッケージに入れたシリーズで、許容損失は 400mW と HZ-L シリーズと同一定格となっております。MHD パッケージですので 5mm ピッチのプリント板への実装が可能です。
- HZS-LL シリーズ
HZ-LL シリーズのチップを MHD (DO-34) 外形のパッケージに入れたシリーズで許容損失は HZ-LL シリーズと同一定格の 250mW となっております。
MHD パッケージですので 5mm ピッチのプリント板への実装が可能です。
- HZK シリーズ
HZ シリーズのチップを LLD (Lead-Less-Diode) 外形のパッケージに入れたシリーズです。ガラス円筒形リードレス構造ですので、面実装による高密度実装が可能です。
- HZK-L シリーズ
HZ-L シリーズのチップを LLD (Lead-Less-Diode) 外形のパッケージに入れたシリーズです。ガラス円筒形リードレス構造ですので、面実装による高密度実装が可能です。
- HZK-LL シリーズ
HZ-LL シリーズのチップを LLD (Lead-Less-Diode) 外形のパッケージに入れたシリーズです。ガラス円筒形リードレス構造ですので、面実装による高密度実装が可能です。
- HZM-N シリーズ
ツェナー電圧が 2.5V ~ 38V と広範囲です。また MPAK (EIAJ SC59) 外形ですので、面実装による高密度実装が可能です。
- HZU シリーズ
ツェナー電圧が 2.5V ~ 38V と広範囲です。また URP 外形ですので面実装による高密度実装が可能です。

- HZU-LL シリーズ

URP 外形のパッケージに入れたシリーズですので面実装による高密度実装が可能です。

低電流領域での特性を生かして、Ni-Cd 電源の安定化、RAM バックアップ用電池の電圧検出等幅広い用途に適用できます。

表 6.1 各シリーズの特長

系列	許容損失 (mW)	ツェナー電圧範囲 (V)					用途							備考	
							定電圧用	レベルシフト	電圧検出	サージ吸収		波形整形			
		2	5	10	20	40				低周波	高周波	低周波	高周波		
HZ-LL系	250	-----					○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	ハード波形 低電圧
HZ-L系	400	-----					◎	◎	◎	◎	○	◎	○	◎	ハード波形 高電圧
HZS-LL系 HZU-LL系	250	-----					○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	小形外形 面実装対応
HZS-L系	400	-----					◎	◎	◎	◎	○	◎	○	◎	小形外形
HZ系	500	-----					◎	○	○	◎	△	○	×	◎	一般用
HZS系 HZS-N系	400	-----					◎	○	○	◎	△	○	×	◎	小形外形
HZK系	500	-----					◎	○	○	◎	△	○	×	◎	一般用 面実装対応
HZK-L系	400	-----					◎	◎	◎	◎	○	◎	○	◎	ハード波形 高電圧
HZK-LL系	250	-----					○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	面実装対応 ハード波形 低電圧
HZM-N系	200	-----					◎	○	○	◎	△	○	×	◎	面実装対応 一般用
HZU系	200	-----					◎	○	○	◎	△	○	×	◎	面実装対応 一般用

◎: 主用途 ○: 使用可 △: 条件付き使用可(弊社にお問合わせください) ×: 使用不可

6.2 ツェナーダイオードによる電圧安定化

ツェナーダイオードの一般的な使用法を、図 6.1 に示します。図 6.1(a)の回路は前述(1.2)の等価回路で表わすと、同図(b)となります。図 6.1(b)での I_Z は、以下で与えられます。

$$I_Z = \frac{V_E - V_L}{(R_S + R)} - I_L$$

したがって、 I_Z は負荷電流 $I_L = 0$ のとき最大となり、このときのツェナー電流 I_{Zmax} は、以下となります。

$$I_{Zmax} = \frac{V_E - V_L}{(R_S + R)}$$

ここで、 R_S の値は I_{Zmax} によるツェナーダイオードの電力損失 $Pd_{max} = I_{Zmax} \cdot V_Z$ が最大許容損失をこえないように選ぶ必要があります。

負荷電流 I_L が増加すると、 I_Z は減少しはじめ出力電圧 V_L は図 6-1(b)の回路により明らかなように、以下となります。

$$V_L = \frac{(R_S + R) \cdot V_Z + r_d \cdot V_E - (R_S + R) \cdot r_d \cdot I_L}{(R_S + R) + r_d}$$

ここで R_S r_d に選ぶと、上式は近似的に以下で表されます。

$$V_L \approx V_Z - r_d \cdot I_L$$

通常 $r_d \cdot I_L$ V_Z であるため、負荷電流 I_L の変動に対して V_L は一定となり、ほぼツェナー電圧に等しくなります。

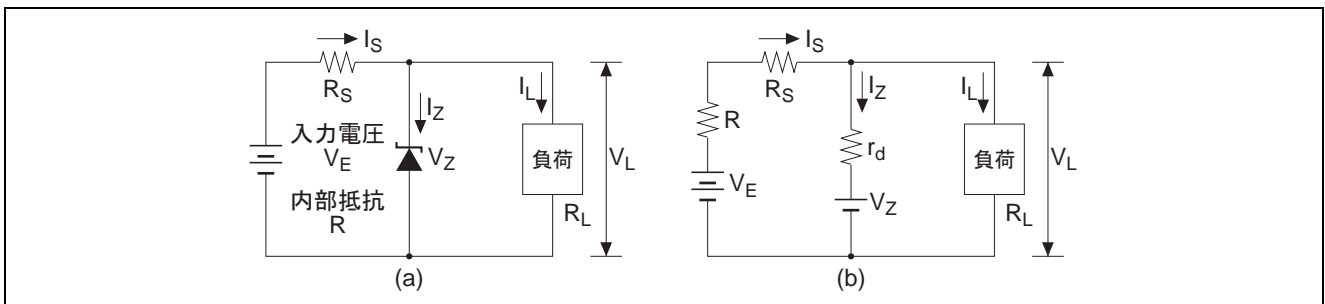


図 6.1 ツェナーダイオードの基本回路

$$I_L = \frac{V_E - V_L}{(R_S + R)} - I_{Zmax}$$

上記に達したとき I_Z はゼロとなり、これ以上の負荷電流ではツェナーダイオード回路はオープンとなり出力電圧 V_L は、 $V_L = V_E - (R + R_S) \cdot I_L$ で低下をはじめます。この様子をグラフで表わすと図 6.2 になります。

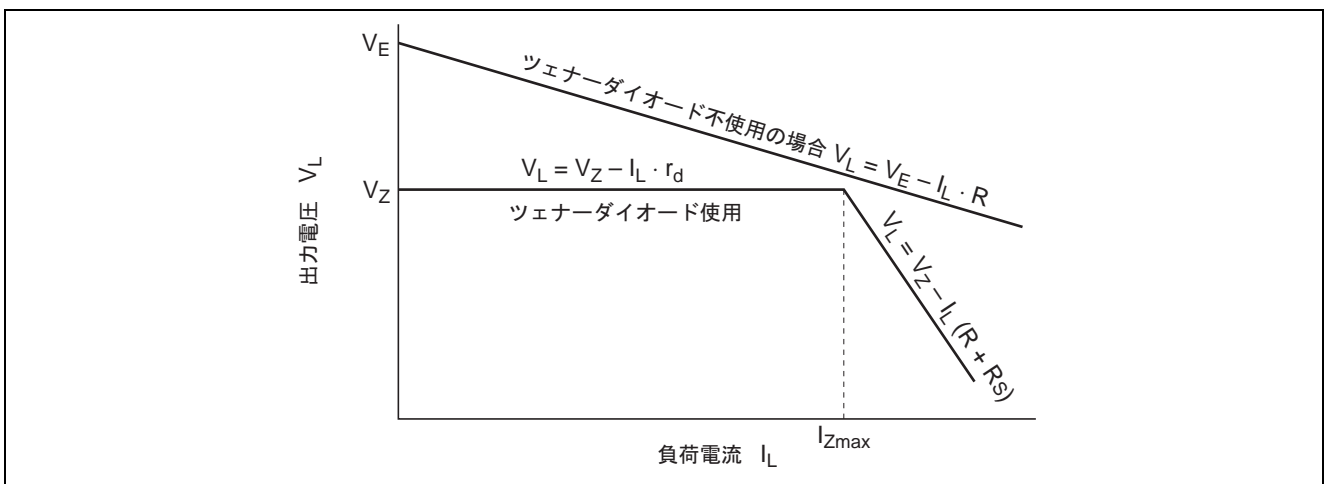


図 6.2 負荷電流と出力電圧の関係

以上は負荷電流の変動について解析を行なっていますが、入力電圧の変動についても同様に考えられます。すなわち、一般に定電圧回路での出力の電圧変動 ΔV_L は、以下で表すことができます。

$$\Delta V_L = \frac{\partial V_L}{\partial V_E} \cdot \Delta V_E + \frac{\partial V_L}{\partial I_L} \cdot \Delta I_L$$

ここで ΔV_E , ΔI_L はそれぞれ入力電圧、負荷電流の変動分を表わしています。したがって、定電圧回路の特性の目安として次の項目を定義することができます。

$$\text{安定化係数 } \varepsilon = \left(\frac{\partial V_L}{\partial V_E} \right) \quad R_L = \text{一定}$$

$$\text{出力抵抗 } R_O = \left(\frac{\partial V_L}{\partial I_L} \right) \quad V_E = \text{一定}$$

これを図 6.1 の回路について求めると、以下となります。

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + (R_S + R) \cdot \frac{R_L + r_d}{R_L \cdot r_d}} \approx \frac{r_d}{R_S + R}$$

$$R_O = \frac{(R_S + R) \cdot r_d}{(R_S + R) + r_d} \approx r_d$$

ただし、 R_L , r_d , R_S , r_d です。すなわち、出力電圧変動は入力電圧の変動の $r_d/R_S + R$ 倍と小さくなり、負荷電流の変化に対する出力電圧の変動も前述の通り $-r_d \cdot I_L$ のみの変動となり、ツェナーダイオードを使用しない場合に比べ大幅な安定化が図れます。

図 6.1 の回路でも安定化が不十分の場合は、図 6.3 のようにさらにツェナーダイオードを数段 (図 6.3 では 2 段) カスコード接続を行なうことにより性能を向上させることが可能です。この場合の特性は、以下となり、安定化係数 ε は改善されます。

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \approx \frac{r_{d1}}{R_{S1}} \cdot \frac{r_{d2}}{R_{S2}} \quad (\text{ただし } V_Z > V_{Z2} \text{ の場合})$$

ただし出力抵抗は、最終段のツェナーダイオードの r_d により決定されます。

なお、図 6.1, 図 6.3 いずれの場合でも可能なかぎり、 R_S を大きくえらび r_d の小さなツェナーダイオードを選ぶことにより安定化係数、出力抵抗共良好な特性が得られます。さらに、負荷の変動に対しても負帰還を行ない安定化する電源回路の場合は、図 6.4 のように出力の一部と、基準電圧 (ツェナーダイオードで作る) の差を増幅し、制御回路へ帰還する方式のものが一般的です。

図 6.5 は、図 6.4 の原理に従った回路の一例です。

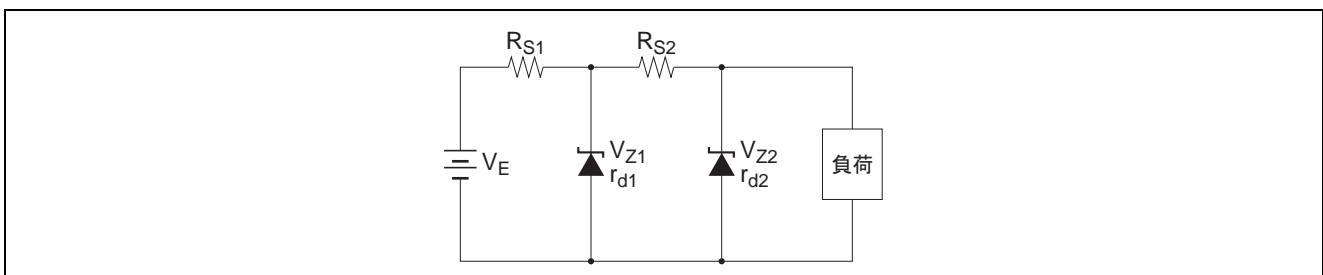


図 6.3 ツェナーダイオードのカスコード接続

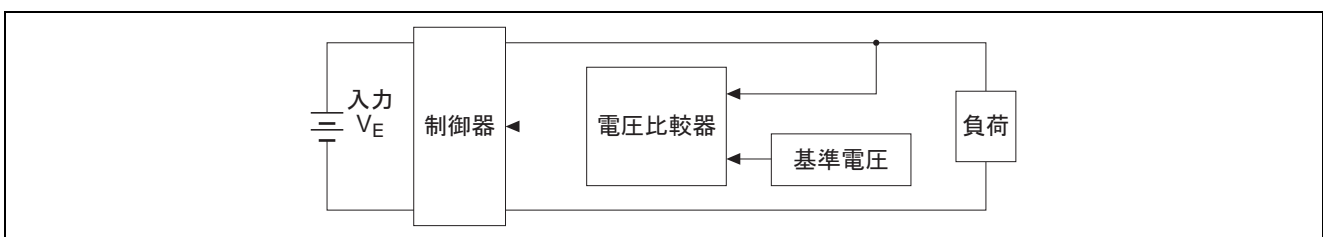


図 6.4 負帰還形安定化電源

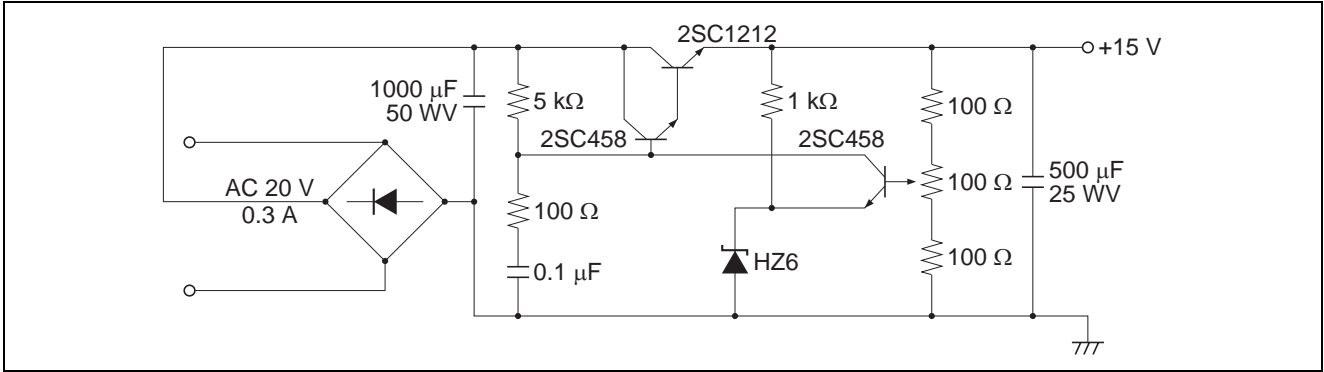


図 6.5 +15V, 200mA 回路例

6.3 過電圧リミッタ, 保護ダイオードとしての用途

ルネサスツェナーダイオードは、すぐれたツェナー特性を持っているので、過電圧リミッタや突発的サージ電圧の吸収にも効果を発揮しますが、この場合は、回路上十分な注意がなされないとダイオードが破壊してしまいますので、当社担当営業までお問い合わせください。

図 6.6 は、出力回路側から飛び込むサージを吸収する回路の例で、ツェナーダイオードの働きによりトランジスタのエミッタには V_Z 以下のサージ電圧しか飛び込みません。ただし、この場合はトランジスタのエミッタ電圧よりも V_Z は高くとる必要があります（すなわち、ツェナーダイオードにツェナー電流が流れないようにしておかないといけません）。

サージ電圧の多い車載用電子機器やテレビ回路などで多くの使用例があります。また図 6.7 は、高感度電圧計、電流計の過電圧、保護用としての使用例です。この回路では $R_1 \cdot I < V_Z$ のときには、ツェナーダイオードはオープンとなり、 $V_{in} = (R_1 + R_2) \cdot I$ で表される電圧がメータに正しく指示されますが $R_1 \cdot I \geq V_Z$ になるとメータの指示は、以下で一定となります。

$$I = \frac{V_Z}{R_1}$$

したがって V_Z/R_1 をメータのフルスケールに合わせることで V_{in} の過大入力からメータを保護することができます。

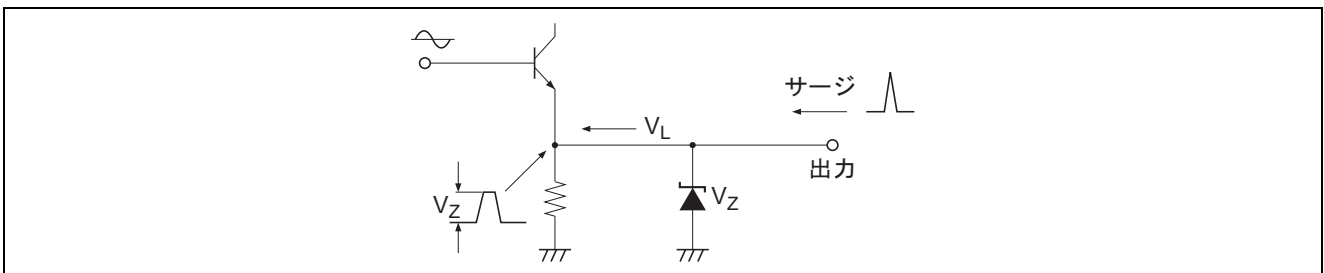


図 6.6 サージ吸収回路例

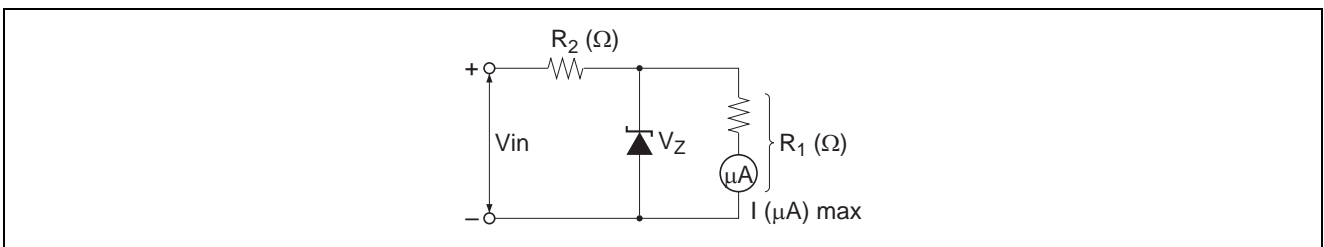


図 6.7 メータ保護回路例

6.4 波形スライス用としての用途

図 6.8 は、波形スライスの基本回路と入出力波形の一例です。この回路では、入力電圧 V_{in} より V_Z だけ低い出力電圧 V_{out} となります。すなわち、 $V_{out} = V_{in} - V_Z$ でこれを利用した電圧計のスケール拡大回路が図 6.9 です。この場合入力電圧の $22V \sim 30V$ の変化 ($26V \pm 15\%$) を V_Z 分スライスを行なって $2 \sim 10V$ の変化 ($6 \pm 67\%$) に変換させるため、高精度の読取りが可能となります。抵抗 R は、ツェナー電流値を設定するために入れてあり、ツェナーダイオードの動作抵抗が最少になる点が適した設定点となります。また、図 6.10 の回路を使用して入力電圧レベルをパイロットランプ表示することも可能です。この回路の場合には、 $V_{Z1} < V_{Z2} < V_{Z3}$ に選ぶと電圧の上昇にしたがい P_{L1}, P_{L2}, P_{L3} が順次点灯され、電圧表示、警報等を行なわせることができます。

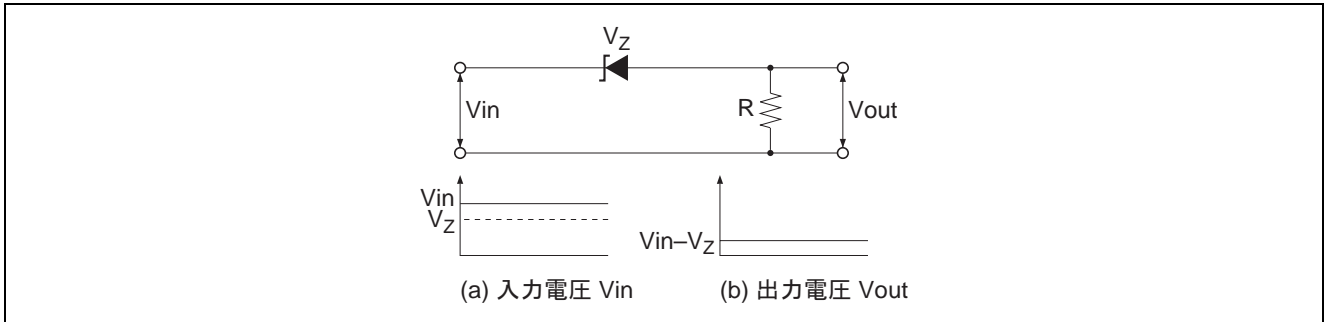


図 6.8 波形スライス基本回路

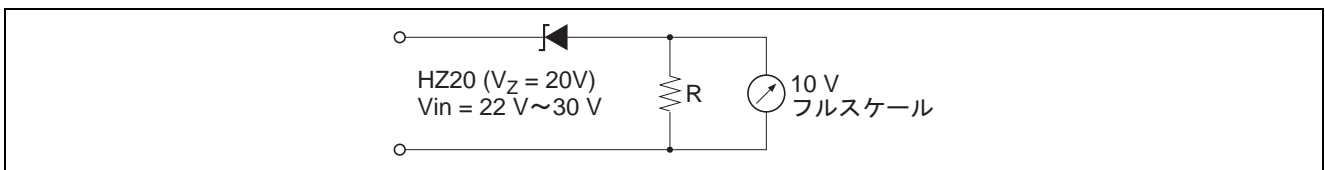


図 6.9 メータスケール拡大回路

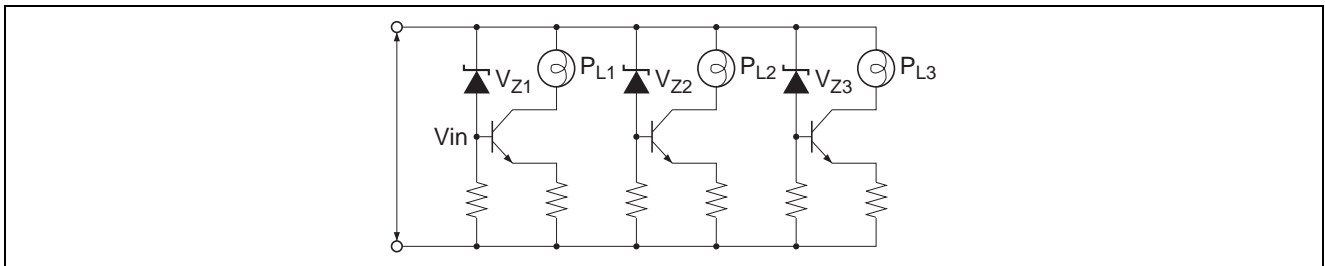


図 6.10 電圧レベル表示回路

6.5 矩形波発生回路用途

ツェナーダイオードで正弦波の上下をクリップすることにより簡単な矩形波を得ることができます。図 6.11 は、この様子を表わしていますが、交流の入力周波数が高くなると、ダイオード接合容量が無視できなくなりしますので注意してください。

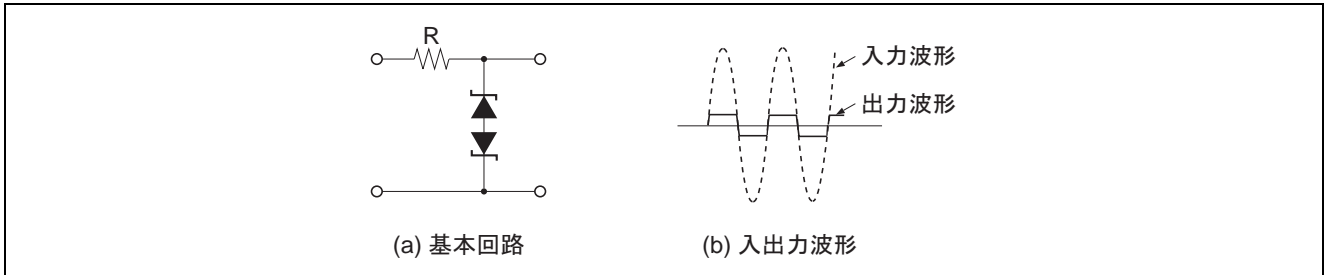


図 6.11 矩形波発生回路

ホームページとサポート窓口

ルネサス テクノロジホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問合せ先

<http://japan.renesas.com/inquiry>

csc@renesas.com

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2004.06.18	—	初版発行
2.00	2008.04.24	全頁	最新情報に更新

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

本資料ご利用に際しての留意事項

1. 本資料は、お客様に用途に応じた適切な弊社製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について弊社または第三者の知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾または保証するものではありません。
2. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例など全ての情報の使用に起因する損害、第三者の知的財産権その他の権利に対する侵害に関し、弊社は責任を負いません。
3. 本資料に記載の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、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」その他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。
4. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの全ての情報は本資料発行時点のものであり、弊社は本資料に記載した製品または仕様等を予告なしに変更することがあります。弊社の半導体製品のご購入およびご使用に当たりますは、事前に弊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、弊社ホームページ (<http://www.renesas.com>) などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
5. 本資料に記載した情報は、正確を期すため慎重に制作したものです。万一本資料の記述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、弊社はその責任を負いません。
6. 本資料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流用する場合は、流用する情報を単独で評価するだけでなく、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。弊社は、適用可否に対する責任を負いません。
7. 本資料に記載された製品は、各種安全装置や運輸・交通用、医療用、燃焼制御用、航空宇宙用、原子力、海底中継用の機器・システムなど、その故障や誤動作が直接人命を脅かしあるいは人体に危害を及ぼすおそれのあるような機器・システムや特に高度な品質・信頼性が要求される機器・システムでの使用を意図して設計、製造されたものではありません（弊社が自動車用と指定する製品を自動車に使用する場合を除きます）。これらの用途に利用されることをご検討の際には、必ず事前に弊社営業窓口へご照会ください。なお、上記用途に使用されたことにより発生した損害等について弊社はその責任を負いかねますのでご了承願います。
8. 第7項にかかわらず、本資料に記載された製品は、下記の用途には使用しないでください。これらの用途に使用されたことにより発生した損害等につきましては、弊社は一切の責任を負いません。
 - 1) 生命維持装置。
 - 2) 人体に埋め込み使用するもの。
 - 3) 治療行為（患部切り出し、薬剤投与等）を行うもの。
 - 4) その他、直接人命に影響を与えるもの。
9. 本資料に記載された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、実装条件およびその他諸条件につきましては、弊社保証範囲内でご使用ください。弊社保証値を越えて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、弊社はその責任を負いません。
10. 弊社は製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、特に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。弊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、誤動作防止設計などの安全設計（含むハードウェアおよびソフトウェア）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。
11. 本資料に記載の製品は、これを搭載した製品から剥がれた場合、幼児が口に入れて誤飲する等の事故の危険性があります。お客様の製品への実装後に容易に本製品が剥がれることがなきよう、お客様の責任において十分な安全設計をお願いします。お客様の製品から剥がれた場合の事故につきましては、弊社はその責任を負いません。
12. 本資料の全部または一部を弊社の文書による事前の承諾なしに転載または複製することを固くお断りいたします。
13. 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弊社営業窓口までご照会ください。

D039444

© 2008. Renesas Technology Corp., All rights reserved.