

(2014年11月11日修正)

バリスタの安全な使い方

2014年10月20日

電子部品部会/技術・標準戦略委員会

標準化専門委員会

受動部品標準化WG/バリスタG

渡部 修(日本ケミコン)

バリスタとは？

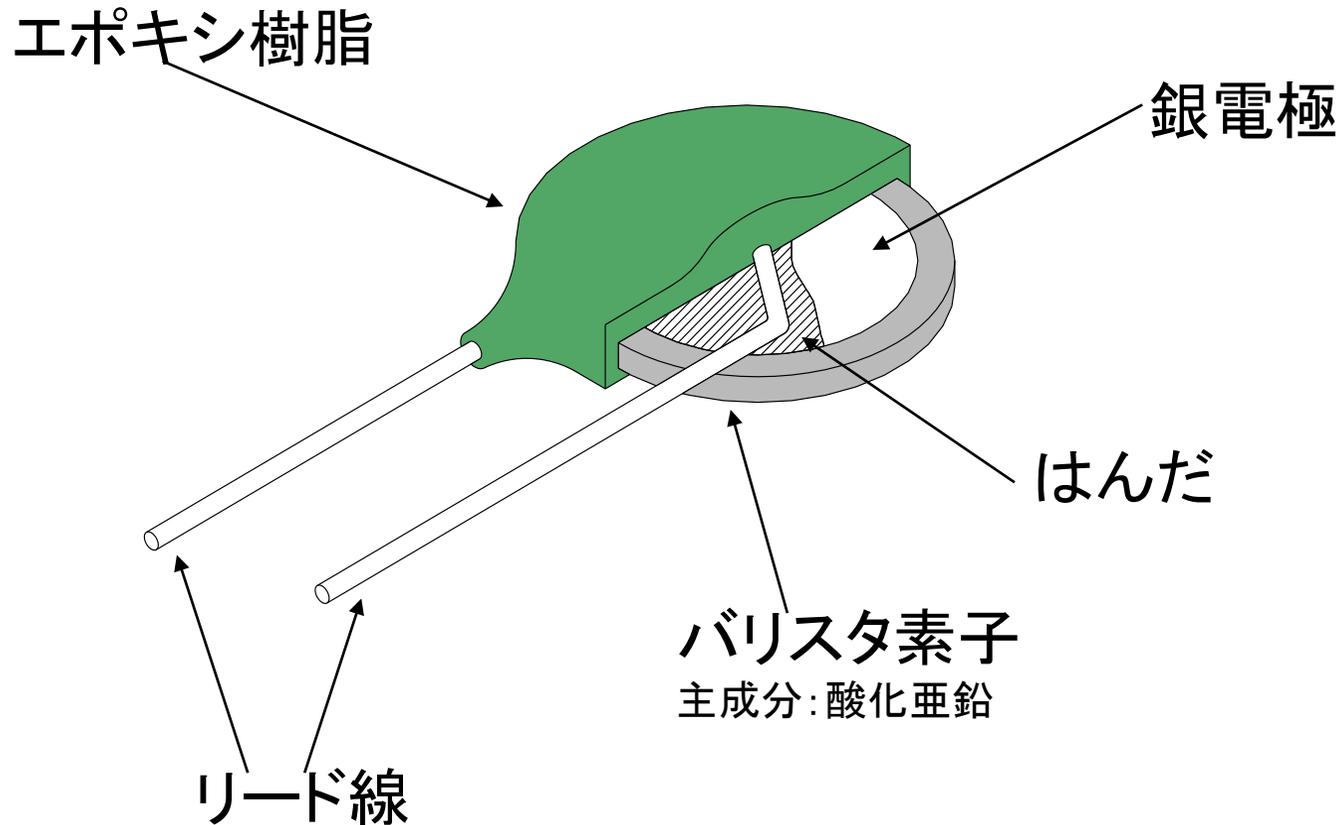
『**バリ**アブル・レジ**スタ**』の省略形

Variable *Resistor*

変化する

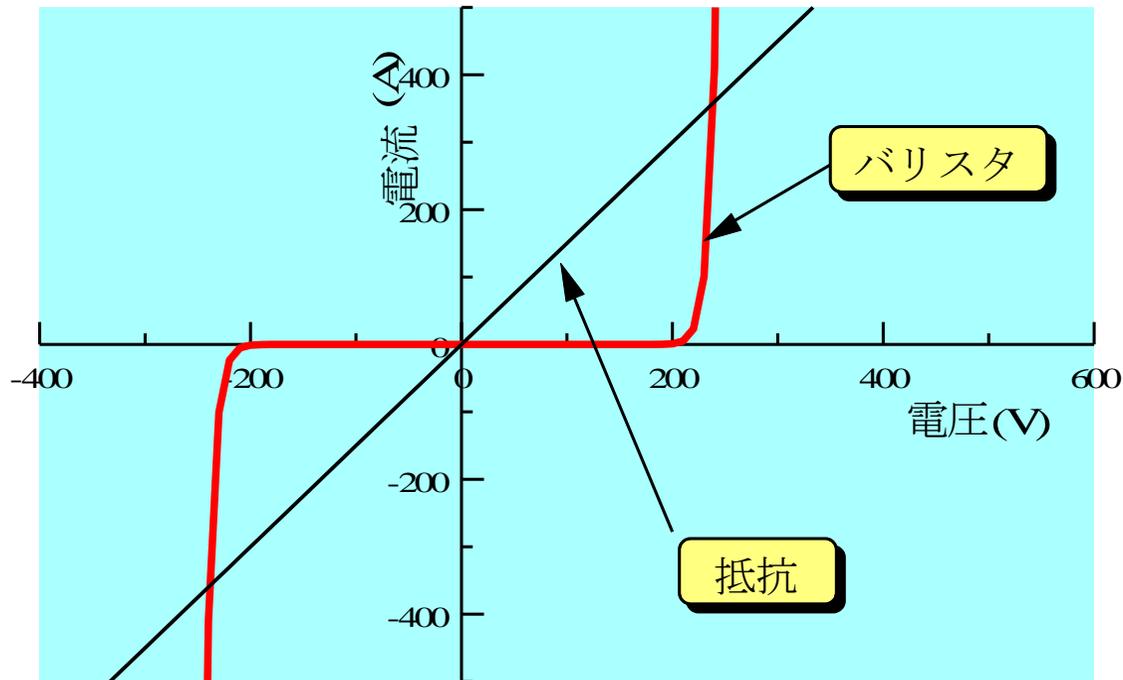
抵抗器

バリスタの構造(円板型)



バリスタの電気特性

バリスタの特性



バリスタ特性

$$I = KV^\alpha$$

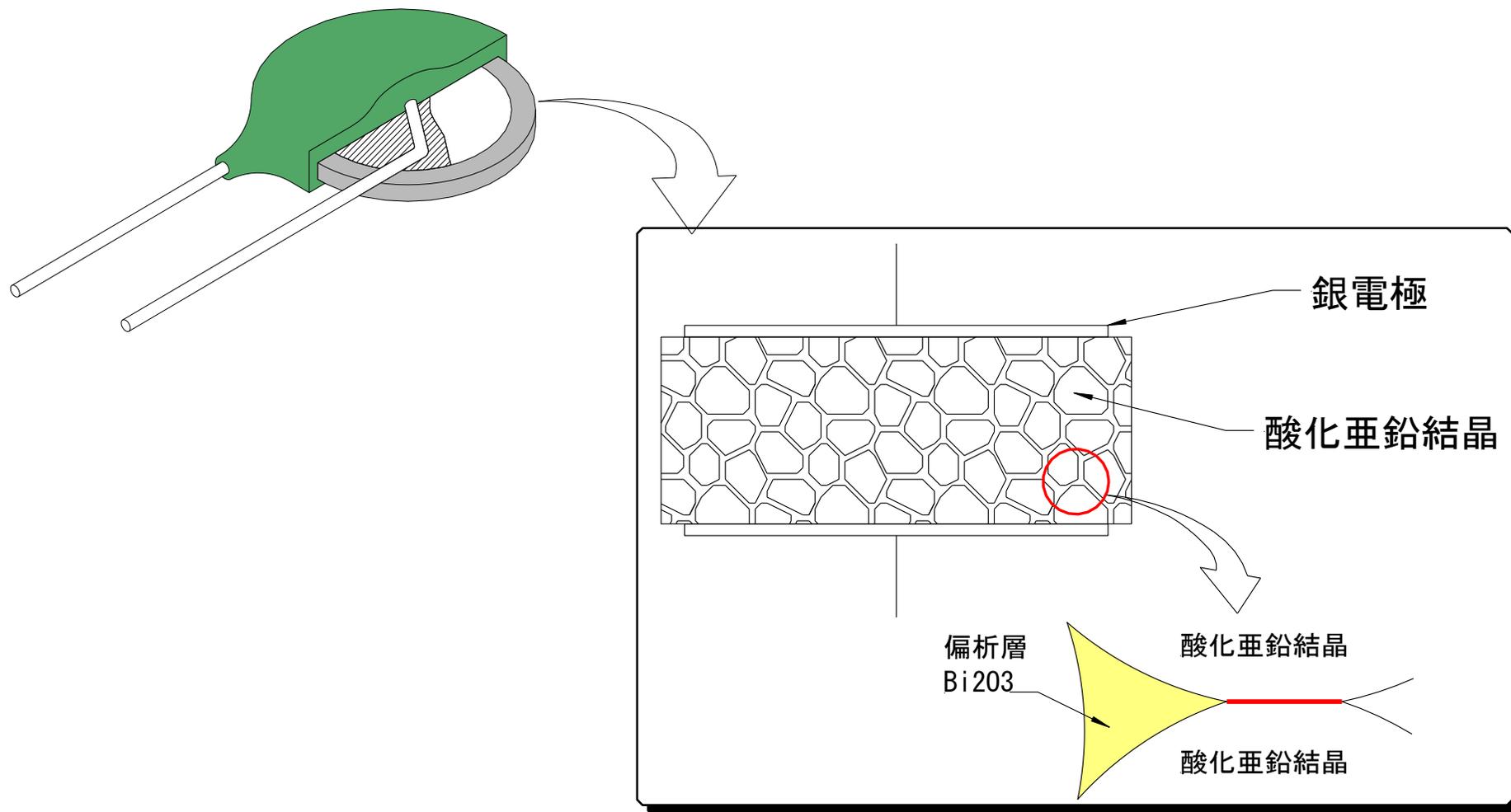
K: 定数

α : 非直線指数

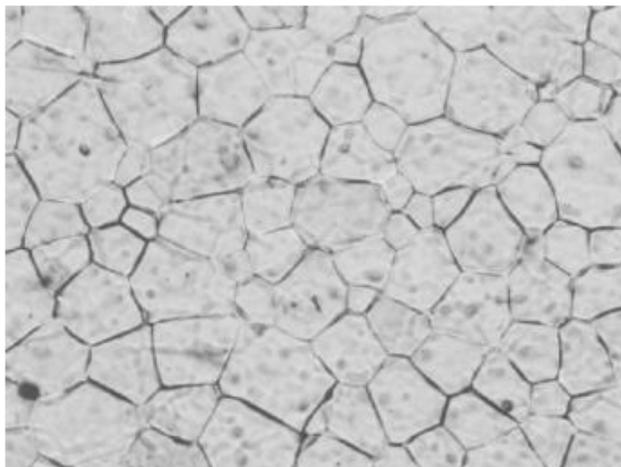
(a) 純抵抗 ($\alpha = 1$)

(b) バリスタ ($\alpha = 40$ 以上)

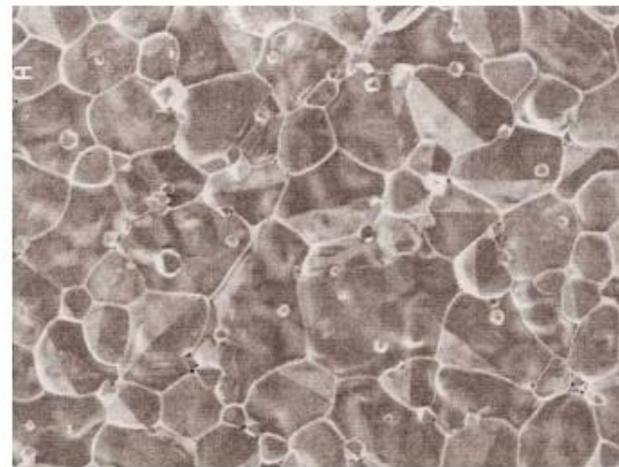
バリスタの微細構造－1



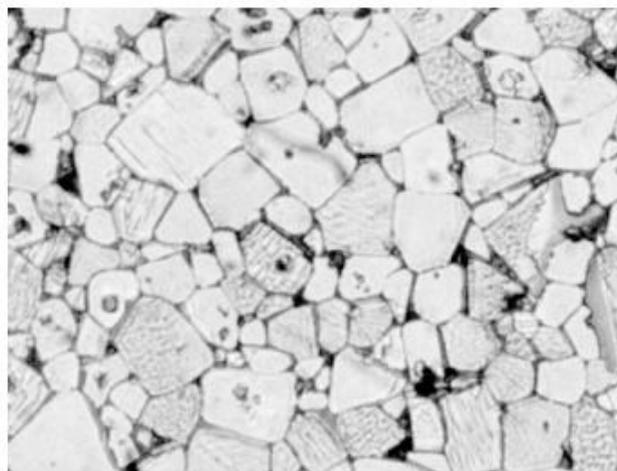
バリスタの微細構造－2



Pr系ZnOバリスタ

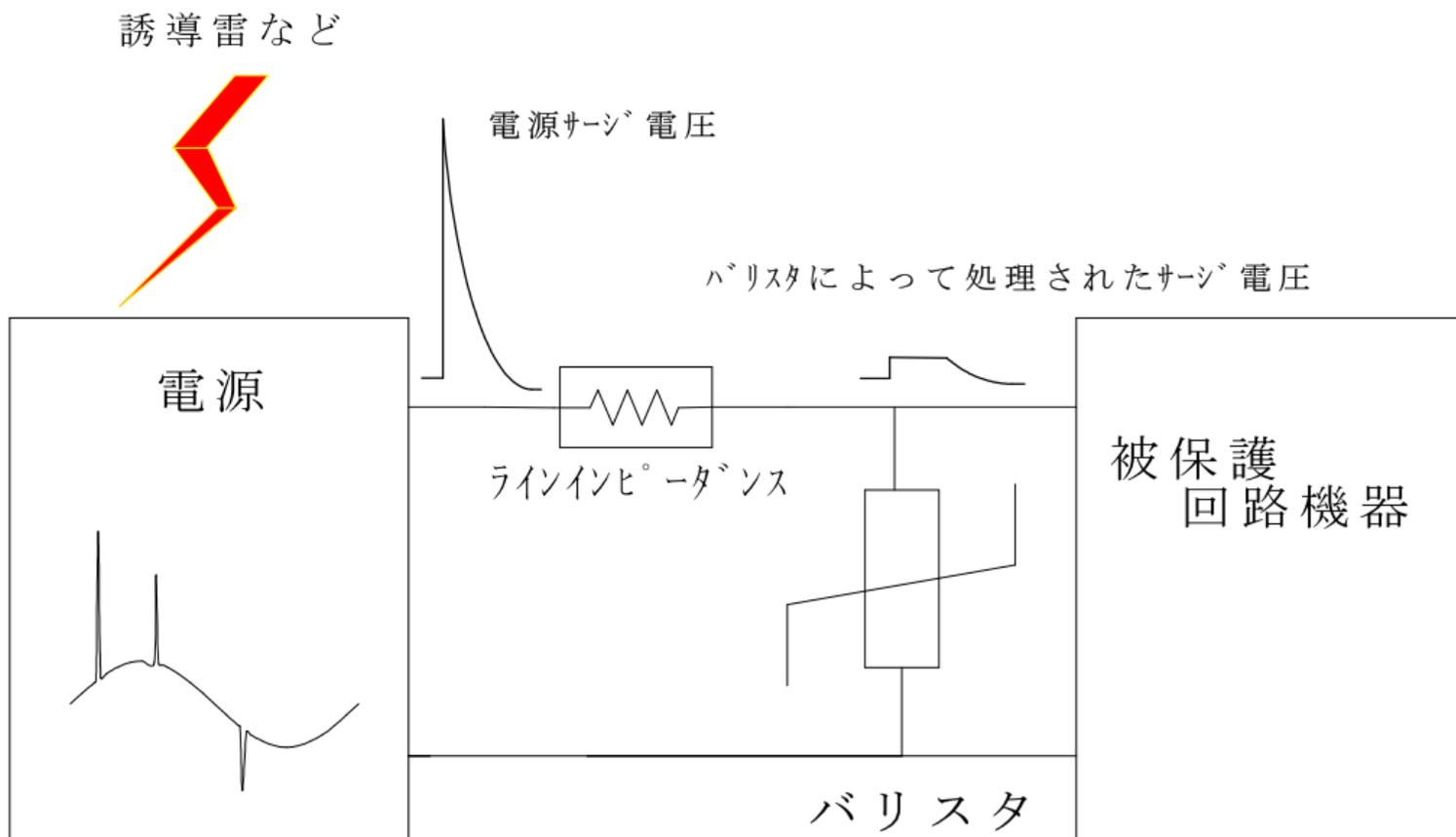


Bi系ZnOバリスタ

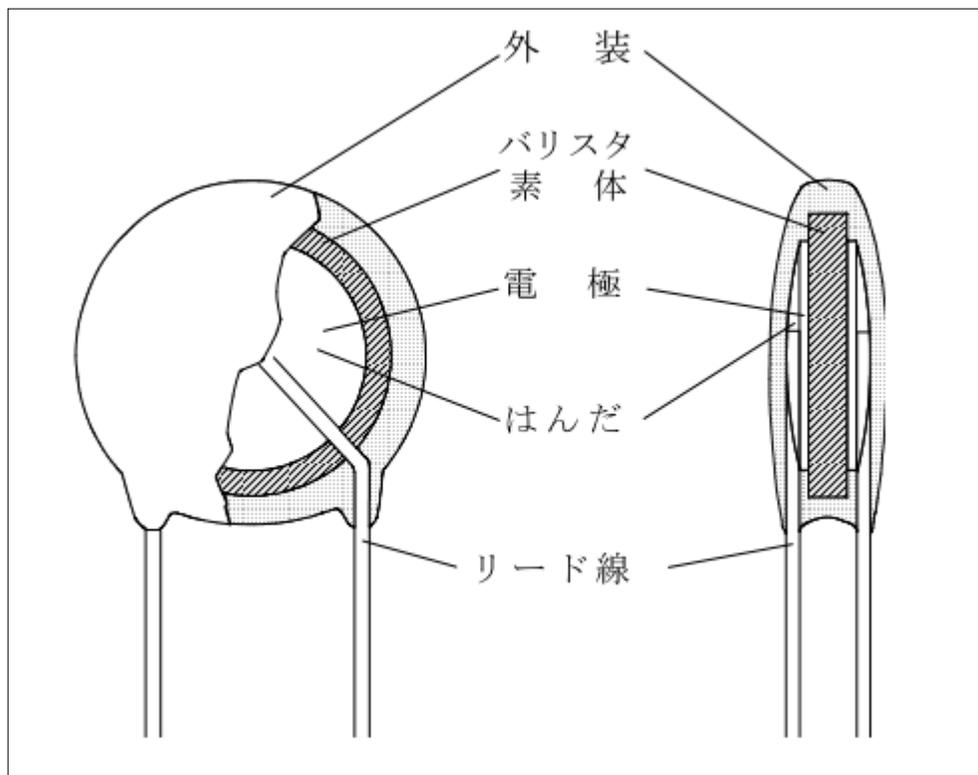


SrTiO₃バリスタ

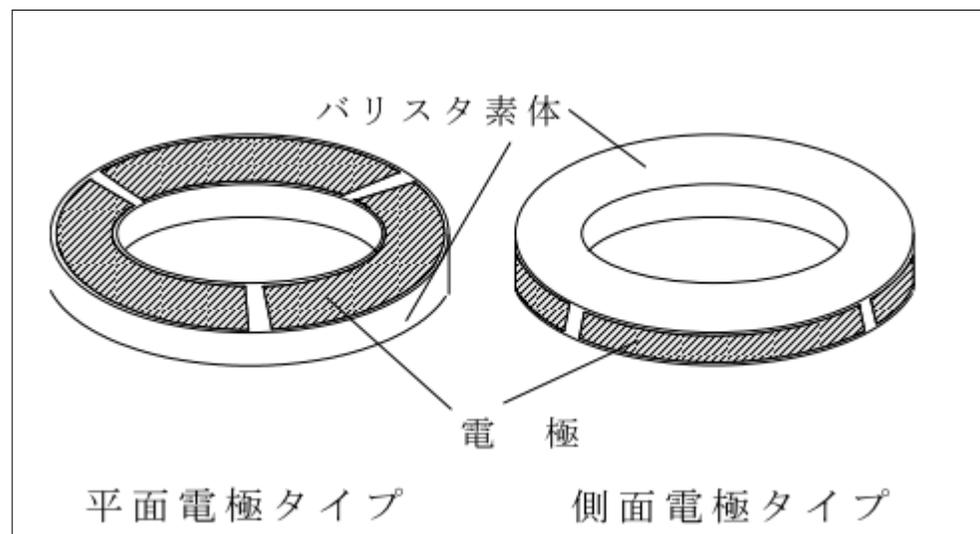
バリスタのサージ電圧吸収



代表的なバリスタの種類・構造

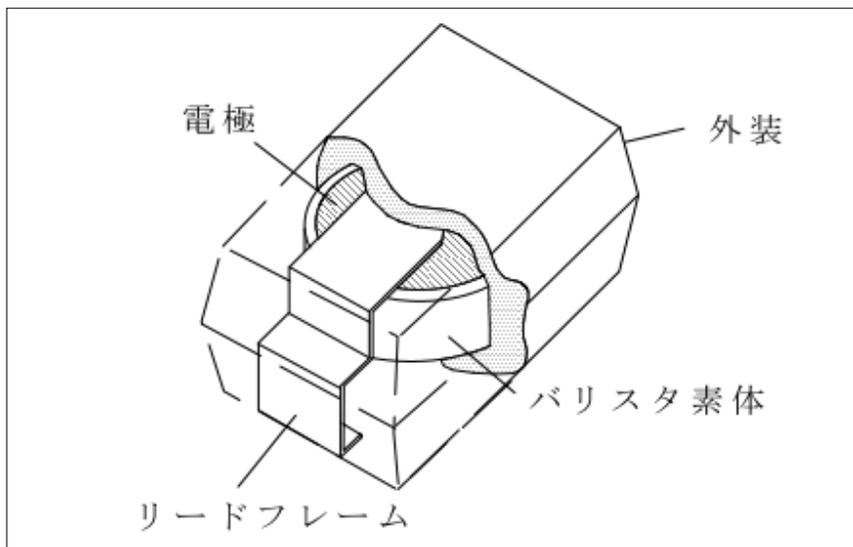


円板形バリスタ

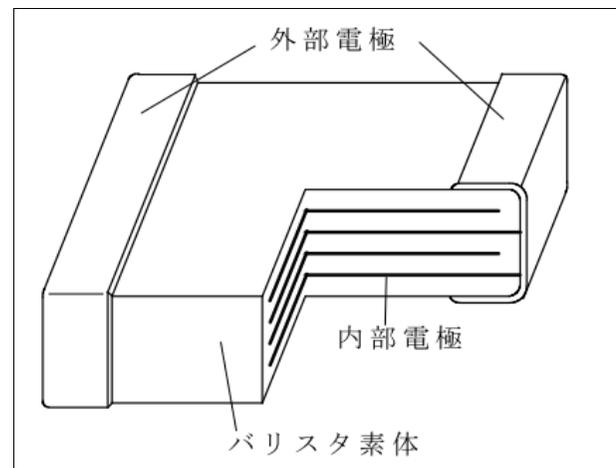


リング形バリスタ

代表的なバリスタの種類・構造

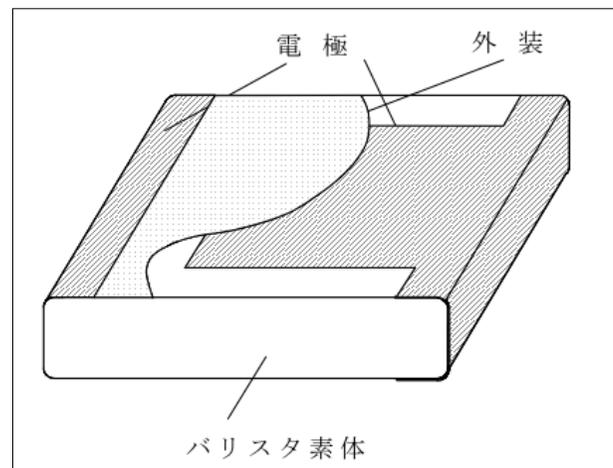


角チップモールド形バリスタ

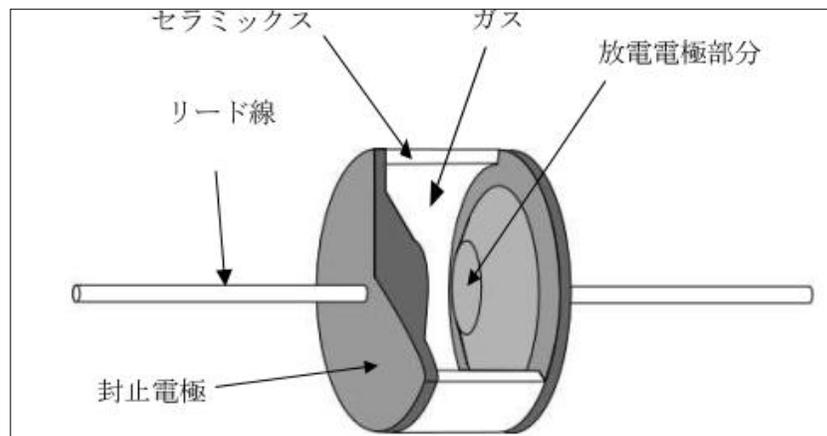


角チップ積層形バリスタ

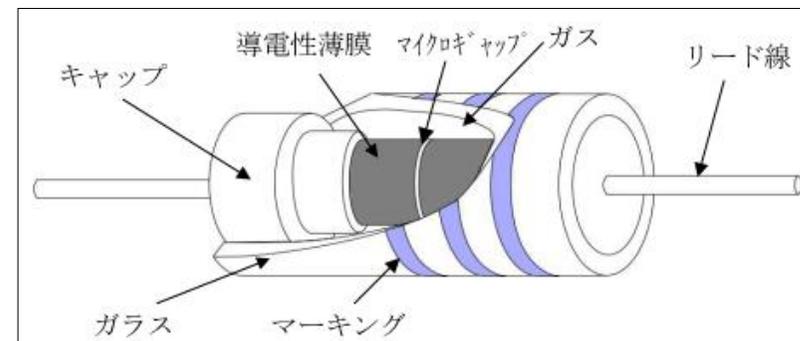
角チップ単板形バリスタ →



その他のサージ防護デバイス

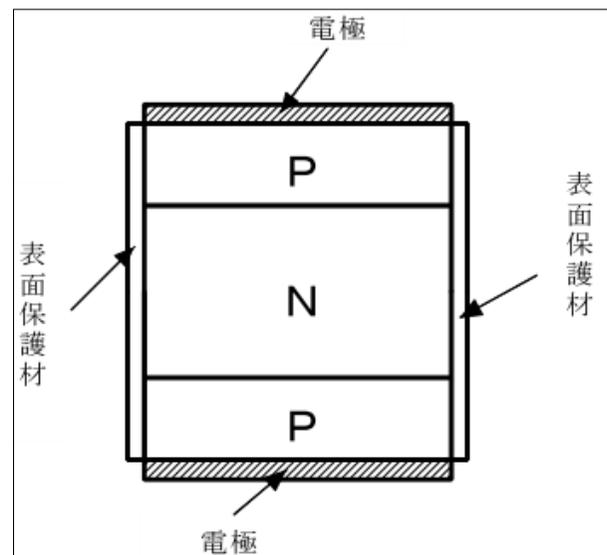


ガスチューブアレスタ



マイクロギャップアレスタ

シリコン系サージアブソーバー →



サージ防護デバイスの主な特徴

	ガスチューブ アレスタ	マイクロキャップ	シリコン系 (電圧形)	シリコン系 (電流形)	ZnOバリスタ (円板)	SrTiO ₃ バリスタ (円板)
動作電圧	75~2100V	120~7800V	6~200V	6~500V	15~1800V	15~880V
漏れ電流	~10 ⁻⁸ A	~10 ⁻⁸ A	~10 ⁻⁷ A	~10 ⁻⁷ A	~10 ⁻⁴ A	~10 ⁻⁶ A
静電容量	数pF	数pF	数百~数千pF	数十~数百pF	数十~数千pF	数千~数万pF
サージ電流耐量	~10000A	~3000A	~300A	~2000A	~7000A	~1000A

・ZnO系バリスタ:

応答が速く、サージ電流耐量も大きいいため、ACラインにおける外雷サージ対策によく用いられる。

・ガスチューブアレスタ/マイクロキャップアレスタ:

静電容量が小さいことから、通信ラインの雷サージ対策によく用いられる。

続流現象があるため、ZnOバリスタなどを直列に挿入する必要がある。

バリスタの基本性能

バリスタ電圧:(Varistor Voltage)

バリスタ電圧は、バリスタに直流1mAを流した時のバリスタ端子間の電圧値(V_{1mA})を意味する。

小形バリスタでは発熱の問題があるため、0.1mAのバリスタ電圧値($V_{0.1mA}$)で表示する場合もある。

バリスタは、使用される回路電圧によって選定しやすいように、バリスタ電圧で製品のシリーズ化がされている(回路電圧によって製品のシリーズ化される場合もある)。

同じバリスタ材料では、バリスタ電圧と厚さは比例するので、バリスタ電圧が高いほど厚くなる。

バリスタの基本性能

最大許容回路電圧:(Maximum Allowable Voltage)

最大許容回路電圧は、バリスタに連続して印加できる回路電圧の上限を意味する。

長時間にわたって最大許容回路電圧以上の電圧がバリスタに印加されると、バリスタは劣化あるいは破壊する。

最大許容回路電圧は、直流と交流のそれぞれで規定され、バリスタ電圧より小さな値である。

バリスタの基本性能

制限電圧:(Clamping Voltage)

制限電圧は、バリスタに規定電流(8/20 μ sのインパルス電流)が流れた時のバリスタの端子電圧であり、その規定電流値はバリスタの種類によって定められており、1～100A程度の範囲にある。

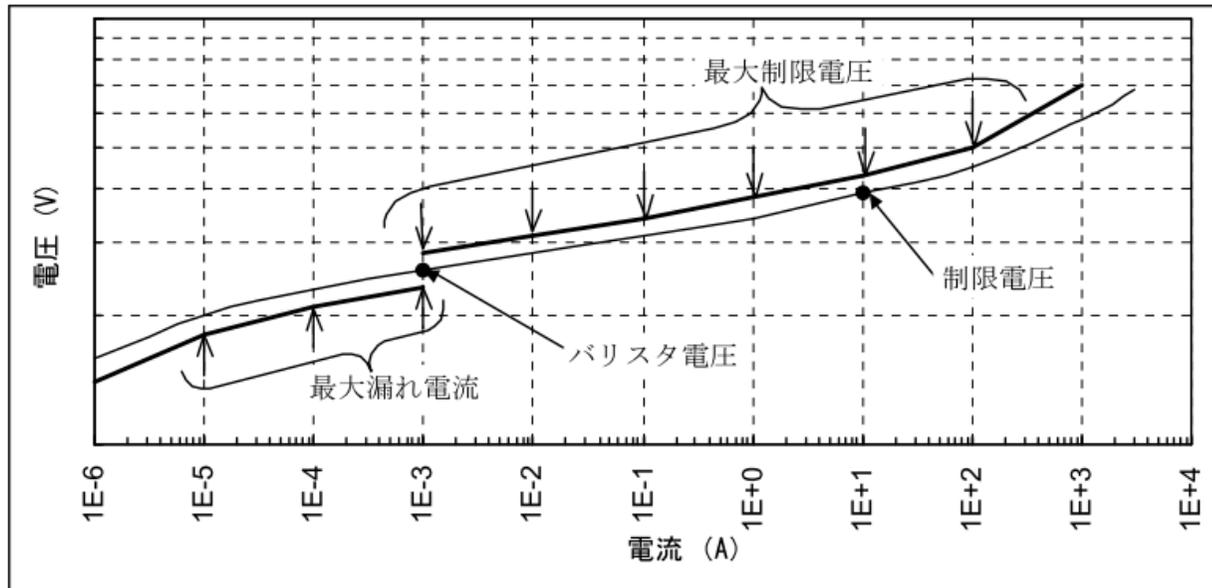
制限電圧はバリスタが雷サージを吸収する時の吸収特性を表し、雷サージが入っても制限電圧以上の電圧が回路に侵入しないように設計するために必要な特性値である。同じバリスタ材料では、制限電圧はバリスタ電圧にほぼ比例するが、素子径が大きいほど制限電圧は低くなる。

バリスタの基本性能

漏れ電流:(Leakage Current)

漏れ電流は、最大許容回路電圧を印加した時の電流値であり、最大でも100 μ A程度と小さい。

※:公称バリスタ電圧の半分の直流電圧を印加した時の電流を『漏れ電流』とするメーカーもある。



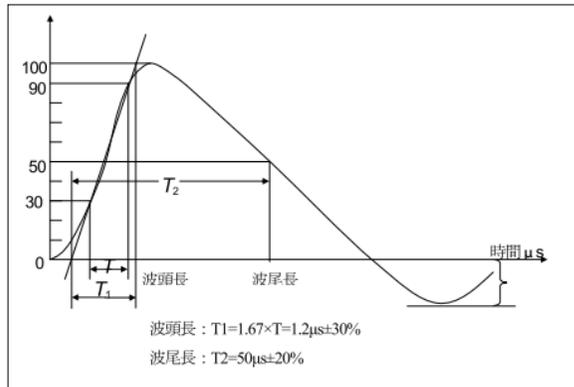
バリスタの基本性能

サージ電流耐量

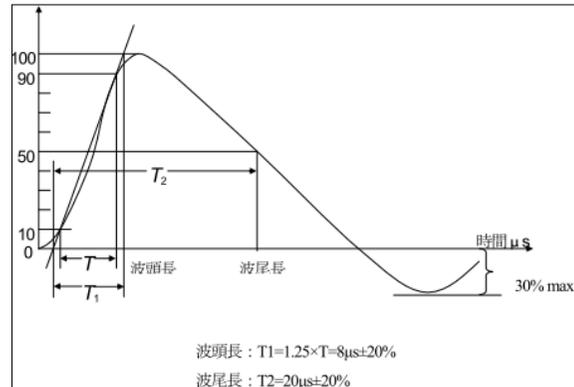
サージ電流耐量は、バリスタのサージ吸収能力の評価項目である。バリスタがサージを吸収できるか？劣化・破壊するか？は、サージ電流の大きさとサージの持続時間によって決まる。

一般的な電源線から侵入する雷サージは8/20 μ s波形と呼ばれるインパルス電流波形で代用できるため、サージ電流耐量はこの波形で測定される。

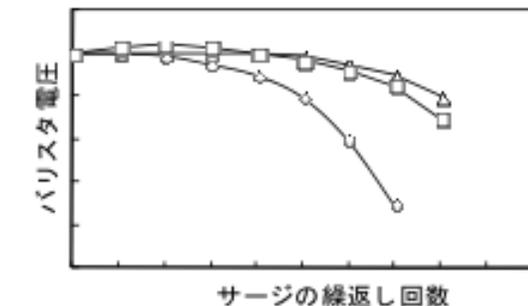
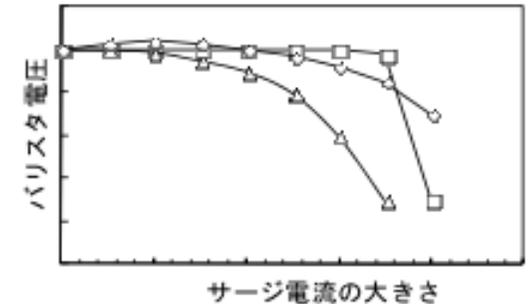
サージ電流耐量はバリスタの電極面積(≒素子径の2乗)に比例する。



電圧波形



電流波形



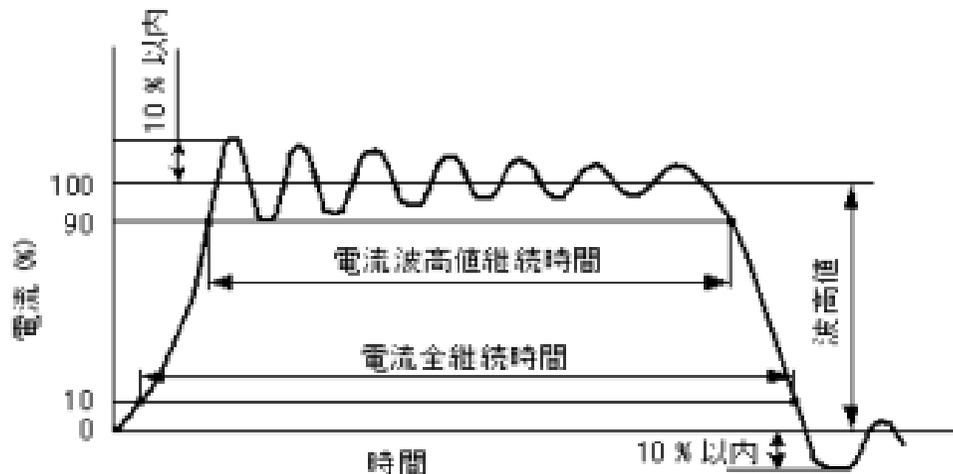
バリスタの基本性能

エネルギー耐量

エネルギー耐量は、サージ電流耐量よりも波尾長の長いサージに対する評価である。通常は下図に示す2msの矩形波あるいは10/1000us波形が使用され、サージ電流の大きさではなく、バリスタが吸収するエネルギー値で評価する。

エネルギー耐量もサージ電流耐量と同様にバリスタ電圧の変化率などで評価され、劣化も同様に進むが、サージ電流耐量の値と比例関係にある訳ではない。

エネルギー耐量はバリスタの体積に比例するため、バリスタの直径と厚さに依存する。



バリスタの寿命

今回はサージ吸収用途として使用されるバリスタに限定する。

バリスタは定常状態では非常に高い抵抗値を有し絶縁物に近いので、通常、回路に接続されていても何ら回路機能には寄与しないが、いったんサージ電圧が侵入した時には確実に動作し回路をサージ電圧から保護しなければならない。

そのため、いつ侵入してくるか分からないサージ電圧に対して、バリスタは常にサージ吸収が出来る体勢になければならない。

この点においてバリスタは機器の保険とみなすことができ、より長い寿命が要求される。

寿命の判定基準

規定以上のサージエネルギー、他のストレス(温度、湿度など)を繰り返し加えることにより、バリスタ電圧が低下していく。

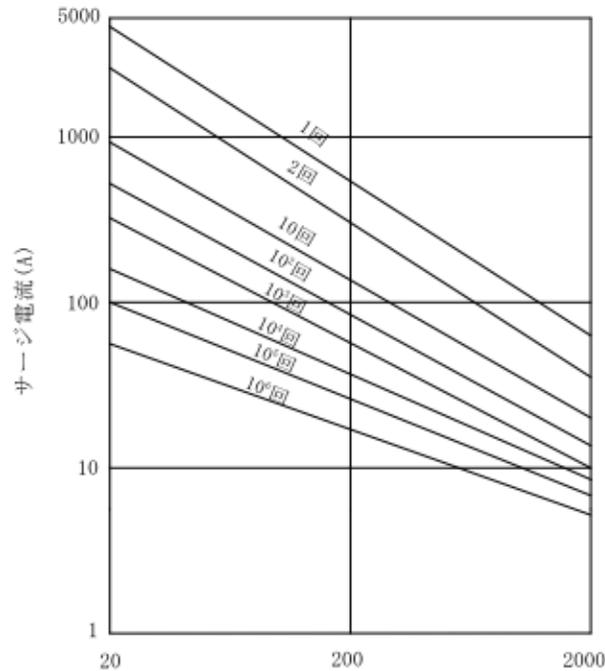
このバリスタ電圧が初期値に対して-10%変化した時を寿命と判定する。

バリスタの寿命

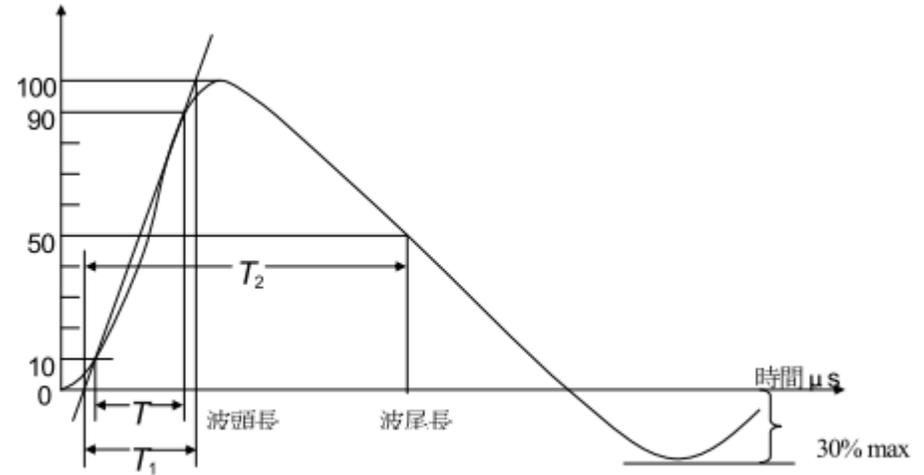
サージ電流に対する寿命

サージ電流が大きい: 許容出来る印加回数は少なくなる

サージ電流波尾長が長い: 許容出来るサージ電流は小さくなる



サージ印加のインターバル
2回: 5分間隔
10回: 2分間隔
10²~10⁶回: 10秒間隔



サージ波尾長(μs)

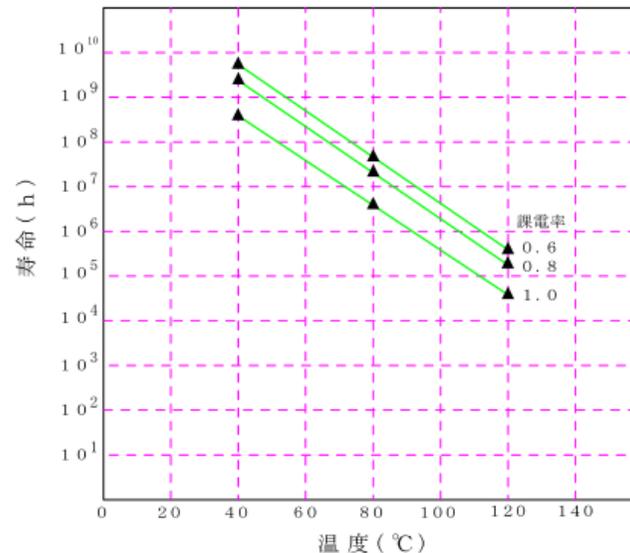
バリスタの寿命

温度と印加電圧に対する寿命

バリスタにある電圧をかけ周囲温度を変化させ、その時の寿命を測定した結果による寿命特性の代表例を示す。

課電率1.0の場合の温度85°Cでの寿命特性を求めると、 10^6 h程度であり、約100年の寿命があると予測できる。

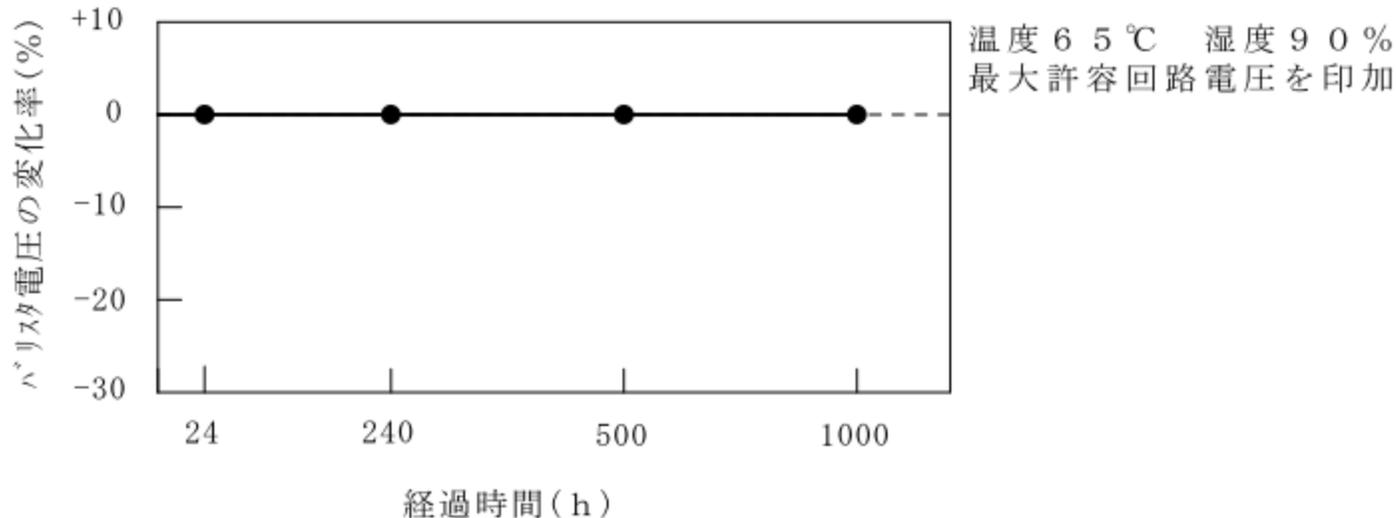
課電率=印加電圧/バリスタ電圧



バリスタの寿命

湿度に対する寿命

一例としてエポキシ樹脂で被覆したバリスタを代表的な湿度条件で最大許容回路電圧を印加した場合のバリスタ電圧変化率を示す。このように1000時間での変化は少なく安定している。ただし、基本的には結露する所，直接風雨に曝される所，蒸気の出るなどの高湿度の所での使用は避ける必要がある。



バリスタの寿命

温度サイクルに対する寿命

エポキシ樹脂で被覆したバリスタの場合、代表的な温度サイクル条件
[-40°C(30min)⇔常温(15min)⇔85°C(30min)]での温度サイクル寿命は、
実力で100～500サイクル(素子径による)である。

樹脂にクラックの入る故障モードが代表的である。

温度サイクル寿命を延ばしたい場合は、コーティング材料を無機材料にするなどの方法がある。

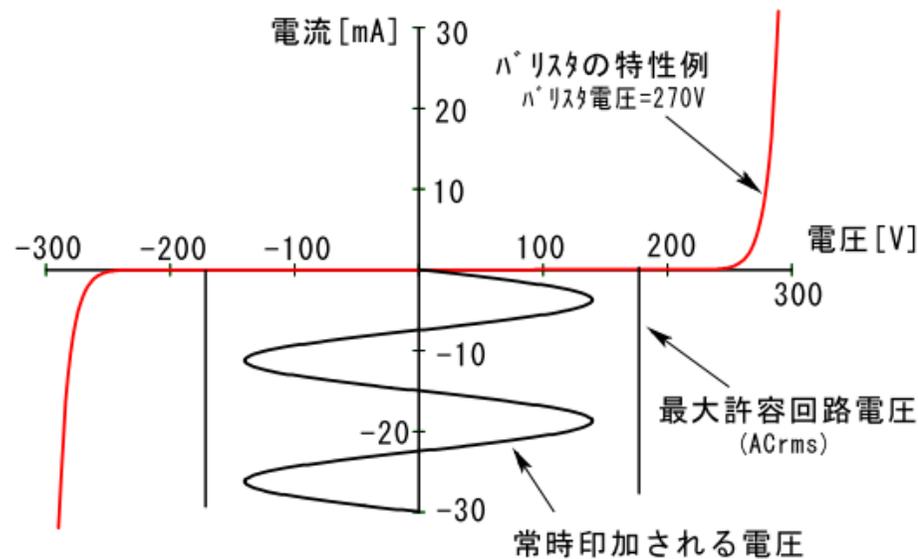
バリスタの選定方法

バリスタ電圧の選定

①印加電圧からの選定

通常状態でバリスタに連続印加される電圧（電源電圧）が最大許容回路電圧を超えないこと。

安全性の見地から30%以上の裕度を取るべきである。



バリスタの選定方法

②被保護素子の耐電圧からの選定

バリスタの制限電圧が被保護装置(素子)の耐圧を超えない定格を選定する。

③ラインーアース間に使用する場合

普通AC100Vの線と大地間に使用するバリスタ、少なくともAC200Vの線間に使用できるバリスタを選定する。

※:一線地絡事故時にラインーアース間の電圧が上昇するため。

④絶縁抵抗試験や耐電圧試験を行う場合

バリスタを一時的に取り外して試験を行うか、試験電圧に対して十分高いバリスタ電圧を持った定格を選定する。

バリスタの選定方法

一般的な選定例

ライン電圧	保護装置の有無	線間使用	対地間使用
交流100V	無し	390V 以上	1800V 以上
	有り	270V 以上	1800V 以上
交流200V	保護装置の有無に拘らず	470V 以上	2400V 以上

注：海外での使用の場合には、別途注意が必要である。

注：保護装置とは中性点欠落の異常電圧で動作する中性点欠落保護漏電ブレーカ装置などを指す。

上記選定例は下記5項目を満足する最も高い条件の電圧を示しています。

- (1)電源ライン間に使用するバリスタ電圧の選定(ライン間使用)
- (2)被保護素子の耐圧に対するバリスタ電圧の選定
- (3)線対地間に使用する場合のバリスタ電圧の選定(ライン-アース間使用)
- (4)絶縁抵抗試験や耐電圧試験を行う場合のバリスタ電圧の選定
- (5)異常現象から決まるバリスタ電圧の選定

バリスタの選定方法

自動車に使用するバリスタの選定

①12V系か24V系か？

区分	バリスタ電圧	エネルギー耐量
12V系	27V	1~100J
24V系	47V	

②ロードダンプサージ試験

JASO(日本), AEC-Q200(ヨーロッパ), ISO 7637-2(米国)

③ヒートサイクル特性

1000サイクル以上の要求がある→エポキシでは厳しい

バリスタの選定方法

信号回路・アンテナ回路に使用するバリスタの選定

①信号回路：波形に影響を与えないこと

→静電容量の小さいバリスタを選定する

②アンテナ回路：高周波信号の減衰を考慮

→周波数—インピーダンス特性を確認

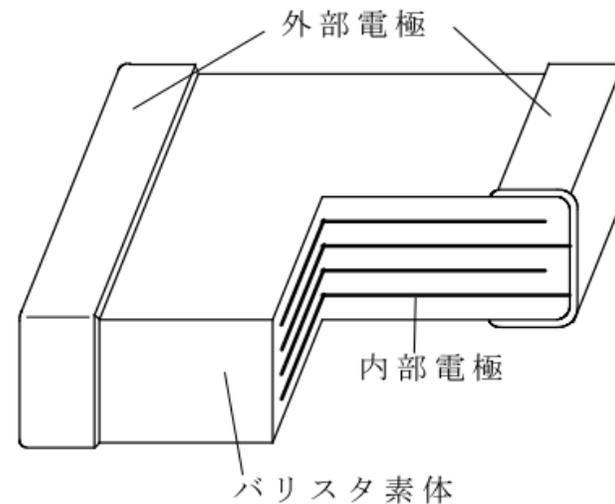
一般的に静電容量の小さいバリスタを選定する

バリスタの選定方法

静電気放電(ESD)保護用バリスタの選定

- ・ 静電気対策用の積層形チップバリスタが一般的
- ・ 各社様々な個別仕様で製品化されている

標準規格: IEC-61000-4-2



バリスタの故障

①バリスタ電圧劣化のメカニズム

バリスタは、定格を超えるサージエネルギーの吸収を繰り返すことにより、バリスタ電圧が低下する。この現象をバリスタ電圧の劣化という。

バリスタ電圧が劣化するのは、多結晶体を取り巻く高抵抗層（境界層）が部分的に放電時のジュール熱により破壊されるためと考えられる。

②バリスタの故障モード

故障モードは、電氣的故障、機械的故障及び熱的故障に分類される。

電氣的故障は、ショートモードとオープンモードあり、破壊時の大部分は、ショートモードである。

③劣化

バリスタはサージを繰り返し吸収することにより、バリスタ電圧が徐々に低下していく。この時、初期のバリスタ電圧値から10%低下した時点寿命としている。

バリスタの故障



・ショートモード

エレメントに直径1mm程度の貫通孔が生じ、バリスタの抵抗が1kΩ以下となる。

回路の短絡電流が流れ発熱する場合がある。

電流ヒューズ設置や周辺に可燃物を配置しないなどの注意が必要



・オープンモード1

樹脂が剥離しリード線がエレメントと離れた状態



・オープンモード2

エレメントが飛散した状態

設計上・安全上の注意事項

バリスタを使用する場合、その周辺条件(機器設計での使用材料, 環境, 電源条件, 回路条件, 配電系統事故など)により異常事態が発生した場合、火災事故, 火傷事故, 感電事故, 製品の故障などを生じることがあるため、以下の注意事項を確認のうえ設計を行う。

①定格性能の確認

個々のバリスタに規定された最大許容回路電圧, サージ電流耐量, エネルギー耐量, インパルス寿命, 使用温度範囲などの定格性能の範囲内で使用する。

定格性能を超えて使用した場合、バリスタの性能劣化や素子破壊の原因となり発煙・発火に至る場合がある。

設計上・安全上の注意事項

②安全規格に対する注意

- ・UL, CSAでは安規の定格電圧を考慮する

※:メーカー保証の最大許容回路電圧とは違うことに注意

バリスタ電圧 V1mA(V)	最大許容回路電圧		交流定格電圧 AC (V)	
	AC(V)	DC(V)	UL1449	CSA
82	50	65	45	Not applicable
270	175	225	159	159
470	300	385	272	272
820	510	670	463	463

- ・IEC/UL/EN/CSAのセット規格が要求するサージ性能を把握
- ・UL1449ではMOVのTypeが変更になる
従来: Type 4 変更後(2016年3月~): Type 5

設計上・安全上の注意事項

②安全規格に対する注意

- ・CSAでは電流ヒューズ^g定格の規定がある

サージ電流耐量 8/20 μ s, 1回	参考サイズ ^g	ヒューズ ^g 最大定格電流
500A以下	ϕ 03	3A
501A~2,000A	ϕ 05, 07	5A
2001A~6000A	ϕ 10~14	10A
6000Aを超える値	ϕ 20	規定せず

- ・IEC/UL/EN/CSA60950-1 2ndでは、Annex Qへの適合が必要