

抵抗器の種類と構造・その使い方

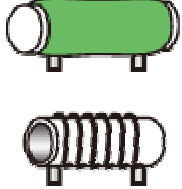
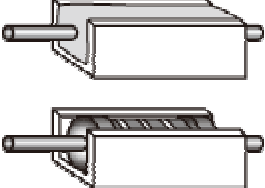
1. リード型抵抗器の種類と特徴
2. チップ型抵抗の種類と特徴
3. 抵抗器の使用上の注意点
4. 私のデレーティング基準
5. 製造工程の概略(リード付き抵抗器/チップ抵抗器)

1. リード(脚)型抵抗器の種類と特徴

一般的な構造

部材名	説明	構造図
端子(キャップ)	スズメッキ鋼線や鉄系合金(キャップ)で作られ、回路と抵抗体を接続しています	
基体	表面に抵抗体が塗布され、抵抗体の機械的切削や焼結温度に耐えるようセラミックの円筒物となっています	
抵抗体	抵抗体ペーストを塗布・焼結、あるいは各種抵抗体を蒸着する。必要に応じて切削やレーザーで抵抗体表面をスパイラル状にカットし、抵抗値を調整しています	
外装	抵抗体表面に直接湿気や塵埃が接触しないようにエポキシ塗料を塗布して、保護しています	

名称(通称)	構造	抵抗体	特徴/用途	注意点
ソリッド抵抗器		炭素(カーボン)+抵抗体を外筒の中に圧入し、焼結	L成分小 断線が起こりにくい 高周波	安定性/精度が悪い 入手困難
炭素皮膜抵抗器(カーボン)		炭素(カーボン)+抵抗体を焼結	最も一般的で安価 一般電子回路	抵抗体が炭素のため、 燃焼 しますので安全対策が必要です
金属皮膜抵抗器(キンビ)		金属被膜(NiCr系)を蒸着	温度係数が小さく、精度が良い 温度特性・設定精度が必要な回路	主原料が無機材の為、燃焼はしません。
酸化金属皮膜抵抗器(サンキン)		金属酸化物被膜を蒸着	形状の割に大きな電力を扱える。数Wの電力回路 高温に耐えられるのは抵抗体だけです。プリント基板の温度に注意が必要	
巻線抵抗器		基体に抵抗線(マンガニン線やニクロム線など)を巻き付けたもの 抵抗値は線種や線径、巻き数で調整します	低抵抗で電力型(数W) 一般的な電力回路	巻線の為インダクタンス成分を生じますので高周波では注意が必要
金属板抵抗		金属抵抗体をジャバラ状に打ち抜き、リードをつけたもの セメントケースにセメント樹脂で封印	低抵抗/大電力でインダクタンスが小さい(数W) 電流検出回路	10m から可能。プリント基板の配線抵抗を考慮する必要があります。 無機材料の為、燃焼はしません

<p>ホウロウ抵抗器</p>		<p>セラミックのパイプに抵抗線を巻き、その上にホウロウ膜を形成したものの。表面皮膜を削って抵抗線をむき出しにし、スライド金具を付けて抵抗値を調整できるようにしたものもある。</p>	<p>高温に耐えるので、大電力を扱える。 大電力回路 10W~</p>	<p>表面が高温になるので周辺への影響が大きい</p>
<p>セメント抵抗器</p>		<p>巻線型または酸化金属被膜の抵抗ユニットをセラミック製のケースに入れたもの。セメントで封止</p>	<p>特徴は巻線型/酸金型と同じ 中電力回路</p>	<p>無機材料の為、 燃焼はしません</p>

注) 一般論ですが、異常試験で抵抗体に定格比数倍の過電力を印加すると、抵抗体が数百度になり、周辺の部品を焦がしますので部品が倒れない工夫や熱的遮蔽をする必要があります。あるいは直並列に部品を組合せて過電力が印加されないような配慮が必要です。

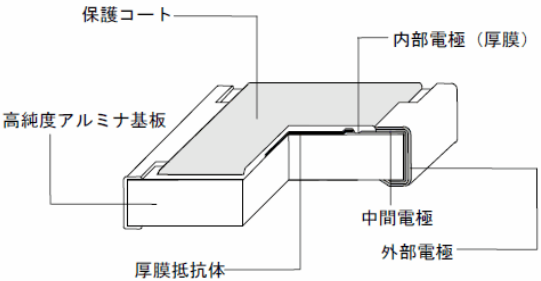
また、一定値以上の過電力を与えると、抵抗体が焼き切れ、回路がOPEN状態になる瞬間、電極間で放電します。これを**発火**と言い、全てのタイプの抵抗器に発生します。電力抵抗器の場合は溶断特性がカタログに記載されています。(ヒューズではありませんので保護機能としては認められません)

一方、燃焼とは、明らかな炎や、周辺部品を燃やす状態になることを言います。

発火や燃焼が許容されるか？の最終判断は安全規格の試験所毎の判断となります。

2. チップ型抵抗の種類と特徴

一般的な構造

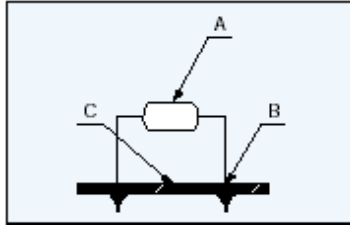
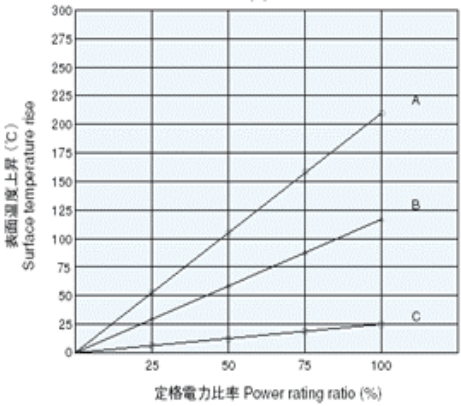
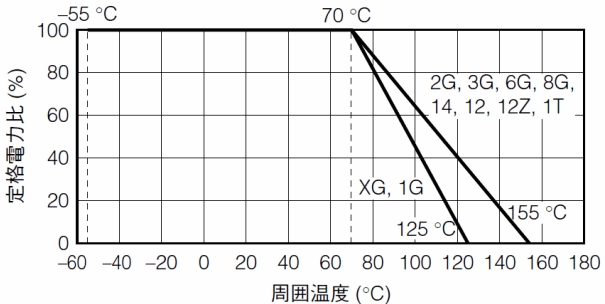
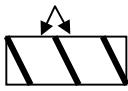

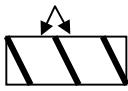

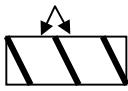

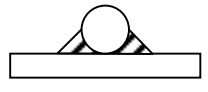
部材名	説明	構造図
基板	抵抗体の焼結、トリミングに耐える用、セラミックの板で出来ています	
抵抗体	厚膜、薄膜、の種類があります	
電極	抵抗体を、中間電極を介して外部電極へ接続します。3層程度の構造になっています。	
保護コート	抵抗体表面に直接湿気や塵埃が接触しないように樹脂を塗布します	

名称	構造	抵抗体	特徴/用途	注意点
一般	厚膜 (数 μm の塗布厚み)	金属や金属酸化物とガラスを混合焼結(メタルグレース)	安価・汎用 一般電子回路	それぞれの用途に合わせた注意が必要
高精度			高精度 計測器、等	
高機能(カスタム用途)			高パルス性 対硫化品 ヒューズ機能付き トリミング機能付き	
高精度	薄膜 (数 nm の蒸着厚み)	NiCr 系金属薄膜	高精度(0.1%以下) 温度特性が良好	高抵抗には不向き
高機能(カスタム用途)			高精度・好安定性が要求される計測器、等 特殊温度特性 半導体の温度特性キャンセル	

注)チップ部品特有の注意事項

- ・ 応力が残るような状態(温度ストレス、樹脂モールド、等)で使用しない
- ・ チップ電極に直接ハンダゴテの先端を当てない。(容易に許容温度を超える)
- ・ ハンダ付けが終わってから基板分割、等のストレスを与える場合はメーカーの許容ストレスを上回らないこと
- ・ 銀系電極材を使用している場合は、耐イオウ性が必要な場合がある(温泉地域、非脱硫重油排気的环境、等、巻末参照)

3. 抵抗器の使用上の注意点

<p>1. 温度低減曲線</p>	<p>抵抗体はかなりの高温(200 超)でもダメージを生じないものが多く、定格電力もその温度になる電力値で定義されている。 しかし、抵抗体を取り付けるプリント基板の UL 認定耐熱温度が 100 前後になる事や、半田付の信頼性の面からの使用時フィレット温度(85 以下)の制限が実際には加わるので実使用時に抵抗器のリード温度を 85 以下にしなければならないことが多い。ここでは抵抗器周囲温度 50 で、フィレット部 35K 以下の温度上昇を抑えるように熱設計を行う。 抵抗器のカタログには数の様な低減曲線が添付されているので確認すること</p>   <p>この曲線図で、フィレット部(B点)で 35K の温度上昇を抑えるには定格電力比で 30%ぐらいに抑えなければならない事が分かる。しかもこれは抵抗器 1 個の場合であるので複数個を集めて使う場合にはもっとデレーティングが必要になる 上記はリード型であるがチップ部品でも右図の様に定められている。 この図で見ると 125 品の場合、 T=55K で 100%の減少なので 1K 当たりでは 1.82%/K の減少となる。 35K の温度上昇が発生する定格電力は 63.7%になる。 155 品では 1.18%/K でするので 41.3%の電力比となる。</p>  <p>電力デレーティング計算で抵抗体の周囲温度を 50 、フィレット温度 85 としましたが、電子機器内部の熱のこもりがありますので通気設計を上手くすることでデレーティング率を変えることができます。</p>		
<p>2. 最高使用電圧</p>	<p>抵抗器は電力が定格内なら、いくらでも電圧をかけられるものではありません。 周辺との電位強度や、外装皮膜の耐性から最高使用電圧が決まっています</p>		
<p>3. 過負荷電圧</p>	<p>電力を短時間超えても抵抗体の温度が上限を超えなければ抵抗体にダメージは残りません。熱時定数と印加電力波形との関係で過度温度上昇を計算し、使用限度内であれば使用可能です。計算式はカタログに記載されています。</p>		
<p>4. 耐パルス電圧</p>	<p>短時間過負荷電圧は時間さえ短ければいくらでも高く設定する事が可能ですが、実際には下記の構造に起因する要因で最高パルス使用電圧が制限されます。 平均電力は低いが高パルス電圧の条件で使う為にはその用途向けに作られたタイプのものを使う必要があります。印加回数制限のある保証方法が一般的です。</p> <table border="1" data-bbox="403 1724 1442 1883"> <tr> <td data-bbox="403 1724 893 1883"> <p>リード型抵抗器 抵抗体がスパイラル状にカットされているので溝の両側に電位差が発生し、絶縁劣化します</p>  </td> <td data-bbox="893 1724 1442 1883"> <p>チップ型抵抗器 抵抗体中央部に「L」字にトリミングがされています。電界集中はリード型より強い為、パルス電圧は低目になります。</p>  </td> </tr> </table>	<p>リード型抵抗器 抵抗体がスパイラル状にカットされているので溝の両側に電位差が発生し、絶縁劣化します</p> 	<p>チップ型抵抗器 抵抗体中央部に「L」字にトリミングがされています。電界集中はリード型より強い為、パルス電圧は低目になります。</p> 
<p>リード型抵抗器 抵抗体がスパイラル状にカットされているので溝の両側に電位差が発生し、絶縁劣化します</p> 	<p>チップ型抵抗器 抵抗体中央部に「L」字にトリミングがされています。電界集中はリード型より強い為、パルス電圧は低目になります。</p> 		
<p>5. 耐湿特性</p>	<p>抵抗器本体とプリント基板との間にフラックスや、フラックスに混入した塵埃、等が残りに、湿気を含みやすくなります。湿気を帯びて導電性になると、抵抗器 ~ 湿気 ~ プリント基板絶縁抵抗を介して導電路が生成され、抵抗体が電解腐食を起こしますので使用電圧に注意して下さい。(特に炭素皮膜抵抗器)</p> 		
<p>6. 安全規格</p>	<p>リード型抵抗器の項でも述べましたが、チップ型抵抗器も発火はします。許容されるか?の判断は安全規格の試験所毎の判断となりますので、回路上の工夫が必要になる場合があります。</p>		

4. 私のディレーティング基準

抵抗器を使う場合、各特性に対する設計裕度が必要になります。各特性それぞれ100%までは使えません。下記の設計裕度は私個人の基準ですので、あくまでも参考とし、必要に応じて各自で基準を作成ください。この基準で事故が発生しても私は責任を取れませんし、取る謂れもありません。

項目	判定項目	判定値	条件/コメント
電力 (=温度換算)	抵抗体温度	$T_{RMAX} \times 80\%$	製品最高使用温度にて
	プリント基板表面温度	UL 認定温度-10K	
	半田フィレット温度	高信頼性製品: 85 / 一般品: 100	
最高使用電圧	印加電圧	保証値 $\times 80\%$	*1
過負荷電圧			
パルス電圧		保証値 $\times 60\%$	*2

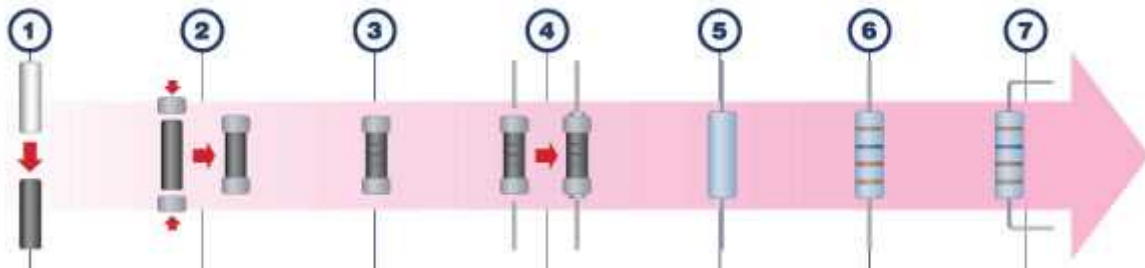
*1: 炭素皮膜抵抗器は雰囲気中の水分と反応して抵抗体の炭素が CO_2 となって空气中に拡散しますので電解腐食を起こしやすく、注意が必要です(特に高抵抗値)。特に耐湿型を謳っていない炭素皮膜抵抗器なら1本当たり、100K 以下かつ、100V 以下で使用して下さい。参考 URL: <http://www.akaneohm.com/information/?p=69>

*2: パルス電圧は説明しましたようにダメージが残りますので回数制限がある項目です。印加パルス波形の最悪値が理論的保証できないので裕度は大きくしています。理論値があれば80%までです。

5. 製造工程の概略

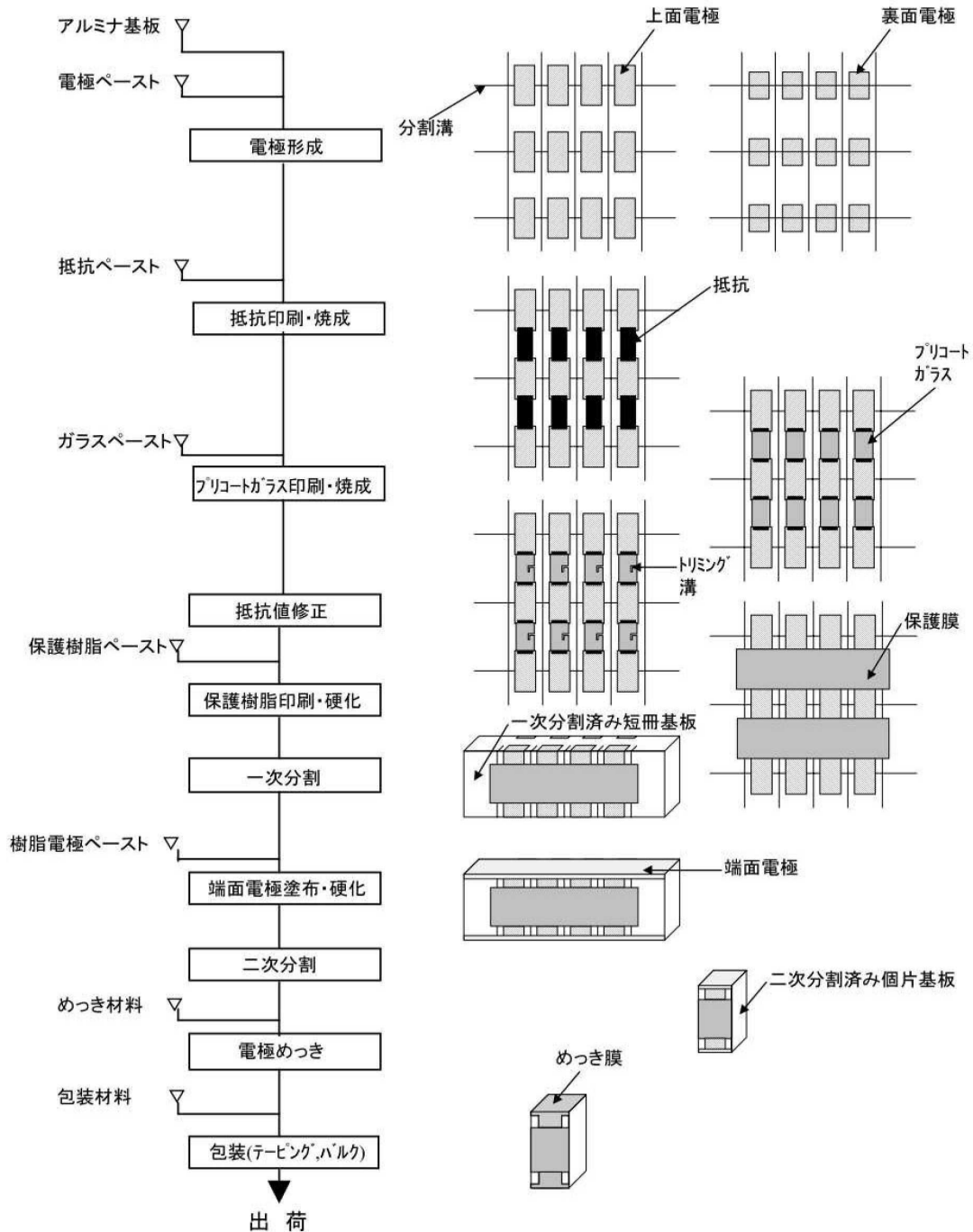
抵抗器ができるまで。

リード付抵抗器の製造工程概要



- ① 着膜 セラミック碍子に抵抗皮膜を形成します。
- ② 組立 抵抗素体の両端にキャップを圧入装着し電極を形成します。
初抵抗分類
- ③ 切条 抵抗素体が持つ抵抗値のバラツキを一定の抵抗値毎に調整・分類します。
- ④ 溶接 抵抗体の両端キャップ面にリード端子を溶着すると共に一定寸法にリードカットを行います。
- ⑤ 塗装 [電圧処理]・・・抵抗体に高電圧をパルス状に印可し、加工欠陥のスクリーニングを行います。
- ⑥ 表示 カラーコード又は、捺印により抵抗値・許容差を表示します。
- ⑦ 二次加工 使用用途に合わせ、テーピング加工やリード加工を行います。

厚膜チップ固定抵抗器の製造法



厚膜チップ固定抵抗器の製造工程図

注)参考資料:KOA(株)様、RS コンポーネンツ(株)、PED(株) 様、各社の Web、及び各種 WEB 公開資料
 KOA(株) <http://www.koa-electronics.co.jp/p031.html>
 RS コンポーネンツ(株) http://rs-components.jp/techinfo/techref/techref_26.html
 PED(株) テクニカルガイド(耐硫化特性、他)
<http://industrial.panasonic.com/www-data/pdf/AOC0000/AOC0000PJ9.pdf#search=%27Panasonic%20%E6%8A%B5%E6%8A%97>