

# 電力用バリスタ

(1977年～現在)

電力の安定的な供給が必須である現代においては、電力流通に高度な信頼性が求められており、変電・配電・送電系統に発生する雷などの過渡的な異常電圧（サージ）から、変圧器、開閉装置などの電力流通機器を保護する避雷器が重要な役割を果たしている。電力用 ZnO バリスタ<sup>注1)</sup> (図1) は酸化亜鉛 (ZnO) を主成分とした非直線抵抗特性<sup>注2)</sup> を有する機能性セラミックスであり、種々の電圧クラスの避雷器に使用されている。ZnO バリスタは電圧上昇に伴い抵抗値が大きく低下するため、運転系統電圧では微小電流しか流れないが、サージにより高電圧が印加されると抵抗値が大幅に低下して大電流が流れる特性を有する。さらに、ZnO バリスタは電圧が印加され続けても、劣化が生じない長期信頼性や、大きなエネルギーのサージが印加されても、破壊せずに吸収できる特性（エネルギー耐量特性）に優れているため、広く用いられている。

参考 URL :

(株)東芝

<http://www.toshiba-arrester.com>

Key-words : バリスタ, 酸化亜鉛, 非直線抵抗特性

注1 抵抗値が変化する抵抗体、すなわち、Variable Resistor からの略語である。

注2 電圧が低い場合には抵抗値が高く、所定の電圧以上になると急激に抵抗値が低下する特性。

注3 結晶の非連続性や成分の偏りにより発現するものであり、電子の流れを阻害する一種の壁である。

## 1. 製品適用分野

避雷器, サージアブソーバー

## 2. 適用分野の背景

1970 年前後に ZnO を主成分として酸化ビスマス ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) や酸化アンチモン ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) などの副成分を添加した低電圧系統用の小型 ZnO バリスタが開発され、その後、大型化した電力用 ZnO バリスタが開発され、1970 年代に電力用避雷器に適用されるようになった。それまでの避雷器は旧来型の非直線抵抗体であったシリコンカーバイド (SiC) 素子と直列ギャップを組合せていたが、非直線抵抗特性に優れた ZnO バリスタの開発に伴い、避雷器のギャップレス化が実現できるようになり、避雷器の小型化、保護特性の向上が可能となった。

図2は避雷器の適用例として変電所における避雷器

の働きを示しており、電力系統に発生する雷などサージを吸収し、機器を保護する役割を避雷器が担っている。避雷器には各電圧クラスに応じて図1に示した ZnO バリスタが多数枚、積層されて用いられている。

## 3. 特徴

ZnO バリスタは焼結体における ZnO 結晶粒界に形成された電位障壁<sup>注3)</sup>により特異な非直線抵抗特性を有するものであり、電力用バリスタに要求される主な特性は以下の3つである。

### 1) 電流-電圧非直線抵抗特性

微小な電圧変化により抵抗値が大きく変わる非直線な電流-電圧特性を有することにより、運転電圧では微小な漏れ電流しか流れないが、電圧上昇により大電流を流し、サージエネルギーを吸収する。

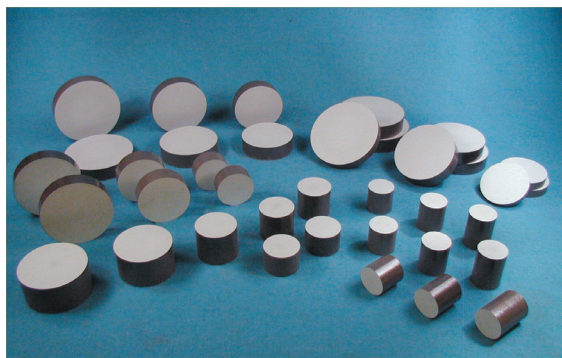


図1 電力用 ZnO バリスタ

φ 30 ~ 100mm の円盤形状の非直線抵抗セラミックの円周側面に絶縁コーティング、両端面に電極が形成されており、各種電圧クラスの避雷器に用いている。

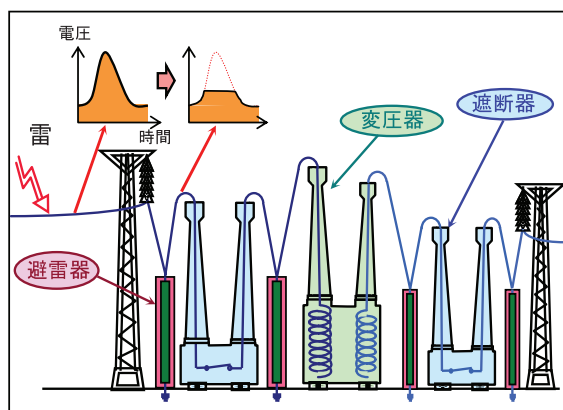


図2 変電所の構成と避雷器の働き

電力系統に発生する雷などの異常電圧（サージ）を避雷器が吸収し、変圧器、遮断器などの機器を保護する。

## 2) エネルギー耐量特性

送電系統に発生しうる過大なサージエネルギーが印加されても、電氣的／機械的に破壊せずに、吸収することができるエネルギー耐量特性を有する。

## 3) 寿命特性

系統の運転電圧が常時印加され続けても、劣化（漏れ電流の増加）することなく、数十年以上の寿命を有する。

## 4. 製法

ZnO バリスタの製造プロセスを図3に示す。粉末処理、熱処理、部品化に分けられる工程により、ZnO バリスタは製造される。粉末処理では、主成分である酸化亜鉛に酸化ビスマス、酸化アンチモンなどの添加物や結合剤である有機バインダーなどを加え、均一に混合した後、造粒して、所定円盤形状にプレス成形する。成形体は400～500℃で結合剤成分を除去する脱バインダー工程と1000～1200℃の焼成工程を経て、緻密な焼結体となる。焼結体は、円周に絶縁コーティングが施され、両端面に溶射プロセスによるアルミニウム電極が形成され、ZnO バリスタ素子が完成する。

ZnO バリスタには、微細構造を主に構成するZnO結晶粒子間の粒界に電位障壁が存在するため（図4中の電子顕微鏡写真参照）、非直線性抵抗特性を有する。

このため、動作電圧（1mAの電流が流れるときの電圧）を正確に制御するためには、添加物量や焼成温度などによりZnO結晶粒径を厳密に制御する必要がある。

## 5. 現在・将来展望

近年のZnOバリスタの開発においては、図4に示す高耐圧化が進められている。高耐圧化とはバリスタの動作電圧を向上させることであり、これにより避雷器に積層するバリスタ素子枚数を低減することが可能となるため、直接的に避雷器を小型化することができる。

電力用ZnOバリスタの開発当初から動作電圧200V/mm級の従来型素子が使用されてきた。その後1990年代後半に400V/mm級の高耐圧素子が製品化され、近年、600V/mm級の超高耐圧素子が適用し始められている<sup>1)</sup>。

図4中にはそれぞれのバリスタ素子の微細構造写真を示す。添加成分の制御などによりZnO結晶粒径を微細化することにより、非直線な抵抗特性を有するZnO粒子間の電位障壁が電流パス中に増加するため、動作電圧が上昇し、高耐圧化が達成される。

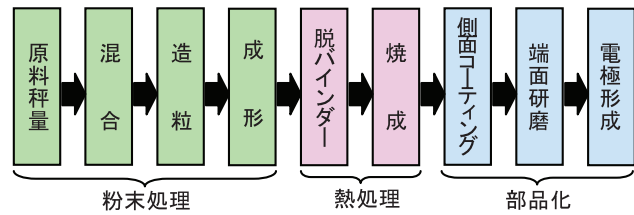


図3 ZnOバリスタの製法

ZnOバリスタは粉末処理、熱処理、部品化に分けられる工程により、製造される。

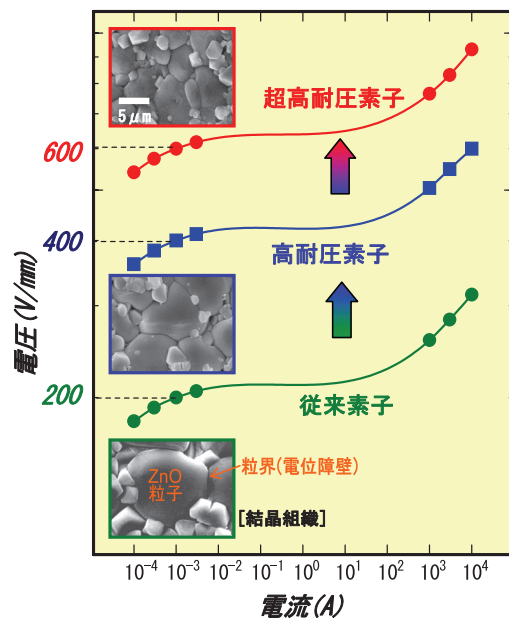


図4 ZnOバリスタの高耐圧化と微細構造

避雷器の小型化を実現できるZnOバリスタの高耐圧化を結晶粒径の微細化により達成している。

従来素子に比べ超高耐圧素子の動作電圧は3倍であるため、避雷器に積層するバリスタ素子枚数を1/3にまで低減でき、避雷器の大幅な縮小化が可能となる。

一方、ZnOバリスタを高耐圧化すると、素子容積が低減するため、サージエネルギー耐量の向上が必要である。図5にエネルギー耐量の向上の一例として、サージエネルギー吸収時のバリスタ素子の発熱温度分布を赤外線カメラで観察した結果を示す<sup>2)</sup>。素子がサージエネルギーを吸収したときに発熱分布の不均一性が大きいと、高温部での電流集中や素子内での温度差により熱応力が発生し、素子のエネルギー耐量が低下して

しまう。このため、バリスタ素子の製造工程における熱処理条件等の改善により、発熱分布の均一化を図り、エネルギー耐量を向上している。

電力用 ZnO バリスタ素子は、今後も高耐圧化やエネルギー耐量の向上が進められ、避雷器、変電設備の小型化や電力供給の安定化に益々貢献してゆくことが期待される。

文 献

- 1) 安藤秀泰ほか, 東芝レビュー . 61, 10, 2006, p66-69
- 2) 安藤秀泰ほか, セラミックス, 34, 3, 1999, p156

[連絡先] 安藤 秀泰  
 (株)東芝 電力システム社 避雷器部  
 〒 210-0862 川崎市川崎区浮島町 2-1

