

氏 名	江 田 和 生
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1316 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	酸化亜鉛セラミックバリスタの電氣的性質ならびにその応用に 関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 川 端 昭 教 授 林 宗 明 教 授 佐々木昭夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は ZnO セラミックバリスタの製法と電氣的性質、およびこのセラミックの過電圧保護素子ならびに避雷器への応用について述べたもので、7章からなっている。

第1章は序論で、まずバリスタおよび ZnO セラミックバリスタに関するこれまでの研究の概要について述べている。

第2章では ZnO セラミックバリスタの基本的な製法とその微細構造ならびに電氣的性質について述べている。すなわち、材料組成の効果、焼成条件の効果、焼結体の微細構造、電圧電流特性、誘電的性質およびサージ耐量などについて検討している。その結果、添加物として Bi_2O_3 、 CoO 、 MnO 、 Sb_2O_3 、 Cr_2O_3 を含むものが特性的に優れ、またそれぞれの添加物の効果と焼成条件の効果を明確にし、これらの条件を適当に設定することにより、優れた非オーム性を示すセラミックバリスタを作り得ることを示した。

第3章では ZnO セラミックバリスタの定常状態における非オーム性導電機構ならびに過渡状態における導電機構について述べている。すなわち、電圧電流特性の温度依存性、静電容量と誘電体損失の周波数依存性、直流による電圧電流特性の変化と熱刺激電流、静電容量のバイアス電圧依存性、 MnO と CoO の添加効果、矩形波電圧に対する電圧電流特性の変化および過渡導電現象におよぼすキャリア注入、蓄積の効果などの測定結果をまとめている。その結果、定常状態における非オーム性導電機構は、しきい電圧以下ではショットキー障壁の熱電子放出によって、またしきい電圧以上ではショットキー障壁のトンネル効果によって説明できることを示した。さらに ZnO セラミックバリスタに矩形波電圧を加えると電流漸増現象、電圧オーバシュートおよび発振現象などが見られるが、これらは導電に寄与する自由電子の形成遅れや、安定状態に達するまでの自由電子の過渡的振舞によって説明できることを示した。

第4章では、ZnO セラミックバリスタの直流、交流および衝撃電流印加による電圧電流特性の変化、誘電特性の変化および熱刺激電流との関係などを調べ、その結果、直流印加による逆方向電圧電流特性の劣化は、主として Bi_2O_3 主成分粒界層中のイオンの移動によって、また順方向特性の劣化および交流による劣化は主としてショットキー障壁空乏層内のイオンの移動によって、また衝撃電流による劣化は

Bi_2O_3 主成分粒界層中のイオンの移動によって説明できることを示した。この結果からギャップレス避雷器として応用した場合の寿命設計が可能としている。

第5章では ZnO セラミックバリスタを過電圧保護素子へ応用する場合の基本的設計法および新たに開発した中圧用過電圧保護素子の電気特性について述べている。すなわち、過電圧保護に適用する場合の電圧電流特性と回路電圧およびサージ電圧との関係およびサージ耐量の設計方法などを明らかにし、また添加物および製造条件とサージ特性との関係なども明らかにして優れた中圧用過電圧保護素子を実用化している。

第6章では、前章までに述べた研究成果をもとにして ZnO セラミックバリスタを高圧および高エネルギー過電圧保護素子への応用について述べている。高圧用への応用にあたっては、単位厚みあたりのバリスタ電圧の高圧化および熱暴走時の遮断機構について検討を加えている。高エネルギー用には、均一な焼結体を得るための製法上の課題や素体均一性のサージエネルギー耐量におよぼす効果について検討している。また避雷器への応用に関しては沿面放電防止およびギャップレス避雷器としての設計方法などの検討を行っている。これらの結果、高圧用および高エネルギー過電圧保護素子およびギャップレス避雷器用素子を実用化している。

第7章は結論で、本研究で得られた結論をまとめている。

論文審査の結果の要旨

電圧の増加とともに電気抵抗が減少する、いわゆる非オーム性をもつバリスタは電圧の安定化や過電圧の抑制に利用されている。非オーム性の大きいダイオードの順方向特性の利用は低い使用電圧に限られており、 SiC バリスタは非オーム性が小さいので用途が制限されている。本論文は非オーム性の優れた ZnO セラミックについて材料組成と電気的性質との関連を実験的に研究した結果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. Bi_2O_3 、 CoO 、 MnO 、 Sb_2O_3 、 SiO_2 および NiO などを ZnO に微量添加し、焼成条件を変えて電気的性質におよぼす効果を詳細に調べ、非オーム性指数の向上と経時変化の小さい材料組成を見出した。

2. 電子顕微鏡などにより ZnO バリスタの微細構造を観察し低抵抗の ZnO 粒子とこれを取りまく Bi_2O_3 主成分粒界層および点在する少量のスピネル粒子とから構成されていることを確かめ、さらに電圧電流特性の温度依存性と電圧印加による経時変化、誘電特性の周波数依存性とバイアス電圧依存性、熱刺激電流などの諸特性を系統的に測定し、粒界のエネルギーバンドモデルを提案した。

3. このモデルは ZnO バリスタの定常的な導電機構のみならず、矩形波電圧を印加したときに生ずる過渡的な導電現象についても説明できることを示し、経時変化の原因がイオンの移動によるショットキー障壁の変化にもとづくものと推論している。この結果から、 ZnO バリスタの劣化におよぼす印加電圧、温度および印加時間の効果が予測でき、過電圧保護素子として応用する場合の寿命の推定を可能にした。

4. 直流、交流および長波尾の衝撃電流による ZnO バリスタの破壊は局所的な電流集中による熱的破壊であること、また短波尾の衝撃電流による破壊は局所的な熱ひずみによる機械的破壊であることを明らかにした。

5. 過電圧保護素子として応用する場合、使用電圧や予想される過電圧の形状と大きさ、発生頻度および使用環境条件により要求される多様な特性に応えるためには、ZnO バリスタの材料組成の選択が重要であることを指摘し、中高压用 (100~400 V)、高压用 (3.3~6.6 kV) と高エネルギー (1~30 kJ) 過電圧保護素子ならびにギャップレス避雷器の設計方法を提案し、実用化に成功した。

以上要するに、本論文は ZnO バリスタの電気的性質と材料組成との関連を追究し、その導電機構と経時変化の機構を解明して各種過電圧保護素子への設計指針を与えるとともに実用化に寄与したもので、実際上学術上貢献するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。