

ZnO 바리스터 미세조직 균일화와 써지 에너지 내량 향상에 관한 연구

A Study on the Microstructural Uniformity and Surge Energy Capability of ZnO Varistor

한세원*, 조한구*, 서형권**, 정세영**

Se-Won Han, Han-Goo Cho, Hyoung-Kwon Suh, Se-Young Jung,

Abstract

ZnO varistors have been widely used to protect power system and electronic system against overvoltages based on their excellent nonlinearity. In order to increase their protection capability, ZnO varistors are chosen by several electrical parameters according to their applications, namely 1mA DC voltage, leakage currents, impulse residual voltages, withstanding capability to impulse surge, and energy absorption capability. But these parameters have scattering properties due to the nonuniformity of electrical characteristics. In this study, the effect of the microstructural nonuniformity on the surge absorption capability of ZnO varistors.

1. 서론

최근 비선형계수가 우수한 ZnO 바리스터가 적용된 무공극형 피뢰기의 개발이 활발히 이루어지면서 보다 높은 용량의 전력 시스템에 피뢰기를 적용하기 위해서 써지 에너지 내량이 큰 고성능 ZnO 바리스터의 개발에 관심이 모아지고 있다.

높은 에너지의 아크 써지가 인가되는 경우 바리스터 소자의 써지 에너지 흡수 능력은 써지 전류와 초기 열 충격을 적절히 완화, 분산시킬 수 있는 미세 조직을 갖도록 제조되는 것은 중요한 요소이다. 이러한 집중 전류 및 열 스트레스 집중 현상은 ZnO 바리스터의 입자 및 입계의 전기적 특성 뿐 아니라 미세 구조적인 균일성과 밀접한 관계를 가지고 있다. 하지만 다결정상 바리스터 소자의 경우 제조 공정상 완전히 균일한 미세조직의 제품을 얻는 것은 불가능하다.

따라서 이러한 특징을 고려한 보다 통계적인 접근이 필요하다.

본 연구에서는 ZnO 바리스터의 미세조직 균일화가 전기적 특성 특히 써지 에너지 내량에 미치는 영향을 통계적으로 검토하고 이를 실험적으로 비교 분석하였다.

2. 실험

실험에 사용된 ZnO 바리스터 시편은 일반적으로 알려진 제조공정을 이용하여 제조하였다. 다만 미세 조직의 균일화와 미립화를 실현하기 위해 공정의 분쇄 과정에 ATTRITION MILLING을 추가하여 보다 균일화된 입자를 얻고자 하였다. 제조된 제품의 방전 전류 용량은 10kA, IEC 선로 방전 3등급에 해당하는 써지 에너지 흡수 능력을 갖도록 제조되었다. 그림 1은 제조된 시편의 SEM 조직 사진으로 1200°C에서 소결된 ZnO 입자의 평균 크기는 약 7 μ m로 확인되었다. 균일성을 비교하기 위한 소결

* : 한국전기연구소, 신소재응용연구그룹

** : 고려애자(주), APK(주) 삼영중앙연구소

온도는 1100에서 1300℃까지 시험하였다.

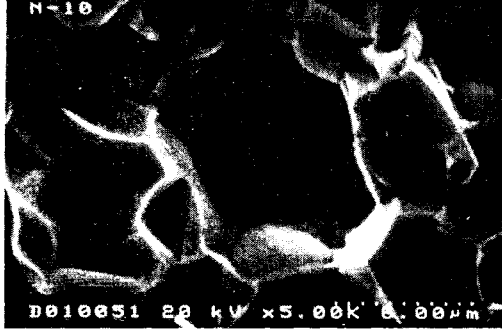


그림 1. ZnO 바리스터 시편의 SEM

3. 결과 및 검토

3-1 미세조직

그림 2, 3은 제조된 ZnO 바리스터의 미세 조직의 불균일성을 비교하기 위해 입계와 입자면적의 표준편차를 통계적으로 비교 분석한 결과이다. 소결 온도가 증가함에 따라 입자면적 및 입계의 표준편차 모두 증가하는 경향을 나타낸다.

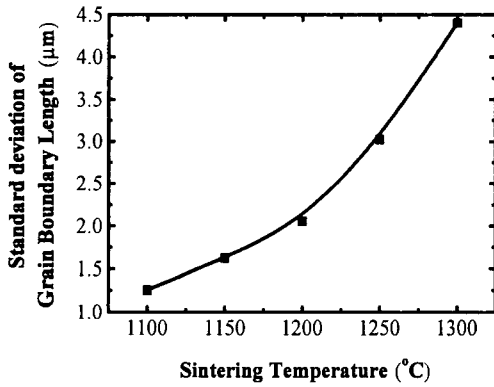


그림 2. 입계의 표준 편차

소결 온도가 증가하면 입자의 크기가 성장하면서 입계의 구조도 바뀐다. 실제로 미세 조직적 관점에서 ZnO 바리스터의 전기적 특성에 영향을 미치는 요인으로 입계의 분포 및 물리적 안정 상태가 입자의 크기나 평균적 분포 못지 않게 중요한 것으

로 알려져 있다. 특히 에너지 내량과 관련한 전류 집중(current concentration)현상은 입계의 분포 및 전기적 특성 값과 밀접한 관계를 가지고 영향을 미치게 된다.

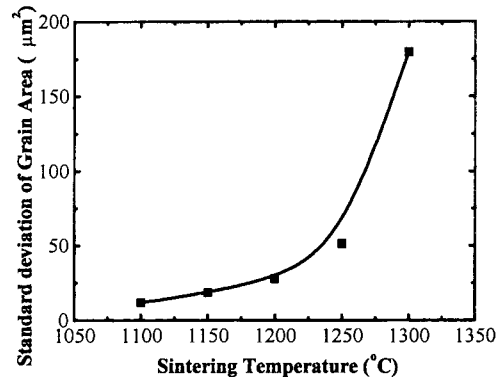


그림 3. 입자 면적의 표준 편차

3-2 전기적 특성

그림 4는 ZnO 바리스터 시편(소결조건: 1200℃)의 바리스터 전압(DC 1mA)과 임펄스 썬지 제한 전압(10kA, 8/10µs)의 불균일한 분포를 측정하여 전압비로 비교한 것이다. 전압비 K는 바리스터의 보호 레벨을 결정하는 요소로 사용되며 전압비가 작을수록 ZnO 바리스터에 의한 과부하 제한 능력이 우수함 의미하므로 보호 레벨이 높아짐을 나타낸다.

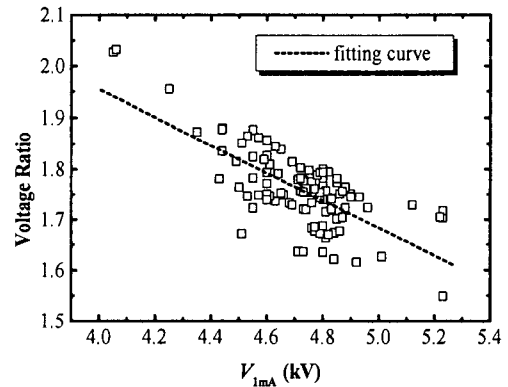


그림 4. 전압비 특성 곡선

3 3 써지 에너지 내량 특성

써지 에너지 내량은 인가된 써지 에너지가 전기적 또는 열적 스트레스로 작용하여 ZnO 바리스터의 내부에 부분 발열에 의한 평처(puncture) 또는 균열(cracking)이 발생하여 바리스터의 기능을 상실하게 되는 한계를 의미한다.

ZnO 바리스터의 평처나 균열 현상은 결국 열 스트레스와 집중적인 전류 경로의 형성이 중요한 요인으로 알려져 있다. 따라서 전기적, 열적 불균일성에 관한 관심은 에너지 내량 향상과 직접적인 관련을 가지게 된다.

그림 5는 열적 균일성 B와 흡수 에너지의 균일성 S를 고려하여 ZnO 바리스터의 임펄스 써지 에너지 내량을 수학적 시뮬레이션으로 비교한 결과를 나타낸 것이다. 열적 균일성과 흡수 에너지의 균일성이 높을수록 써지 에너지 흡수 내량도 높은 값을 갖는 것을 알 수 있다.

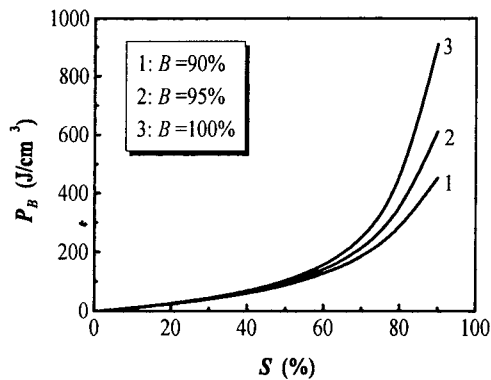


그림 5. 열적 균일성 B와 흡수 에너지 균일성 S를 고려한 써지 에너지 내량 특성

참고 문헌

1. L. M. Levinson and H. R. Phillip, "The Physics of Metal Oxide Varistors" *J. Appl. Phys.*, 46(3), pp1332-41, (1975).
2. K. Eda, A. Iga and M. Matsuoka, "Degradation mechanism of non-ohmic Zinc oxide ceramics", *J. Appl. Phys.*, 51(5), pp2678-84, (1980).
3. T. K. Gupta, W. G. Carlson and P. L. Hower, "Current instability phenomena in ZnO varistors under a continuous ac stress", *J. Appl. Phys.*, 52(6), pp4104-11, (1981).
4. E. R. Leite, J. A. Varela, and E. Longo, "Barrier voltage deformation of ZnO varistors by current pulse", *J. Appl. Phys.*, 72(1), pp147-50, (1992).
5. K. Eda, "Conduction mechanism of non-ohmic Zinc oxide ceramics", *J. Appl. Phys.*, 49(5), pp2964-72, (1978).
6. S. W. Han and H. B. Kang, "Effects of Al₂O₃ as dopants on the complex impedance and J-E behavior of ZnO-Bi₂O₃ varistors", *KIEE*, 46(10) pp1502-08, (1997)
7. J. L. He, S. W. Han, H. G. Cho and H. B. Kang, "Impulse Destruction Mechanism of ZnO Varistors", *Ungyong Mulli*, 11(4), 47-52(1998)