

ZnO 나노파우더로 제작한 Bi계 바리스터의 에너지내량 특성

왕민성, 정종엽, 송민중*, 박춘배
원광대학교 전기전자 및 정보공학부, 광주보건대학*

The Characteristic on Energy Capability of Varistor fabricated with ZnO Nano-powder

Min-Sung Wang, Jong-Yub Jeong, Min-Jong Song* and Choon-Bae Park
Wonkwang Univ. School of Electrical Electronic and Information Engineering,
Kwangju Health Coll.*

Abstract : Varistor fabricated with ZnO nano-powder was studied about the characteristic of energy capability in this paper. ZnO nano-powder varistor were sintered in air at 1050 °C. The electrical properties and residual voltage of ZnO nano-powder varistor were obtained. Our ZnO nano-powder varistor has about 3 times of electric field at varistor voltage as compared with commercial ZnO varistor fabricated with micro-powder. In the current impulse withstand test, our nano varistor has had better performance than micro varistor. To analysis energy capability take infrared images for pyrexia distribution of each varistor. ZnO Nano-powder varistor has shown much quick response property because of increasing effective cross-section.

Key Words : ZnO Nano-powder, energy capability, residual voltage, effective cross-section

1. 서론

전력계통이 초고압화로 발전하면서 뇌서지나 개폐서에 의한 이상과전압으로 인하여 발생하는 전력사고를 미연에 방지하기 위하여 피뢰기의 설치 비중이 높아지고 있으며, 각종 전력기기의 컴팩트화가 요구되면서 피뢰기의 크기를 더욱 줄이기 위해 가장 유효한 수단으로서 보호소자인 ZnO 바리스터의 동작전압을 높이고 에너지내량을 향상시키기 위한 연구들이 진행되고 있다[1-2]. ZnO 바리스터 특성은 본질적으로 단입계면에 형성된 이중쇼트키장벽에 의해 이루어지고, 열화특성 또한 이 입계면의 열화현상에 기인되는 것으로 알려져 있다. 비 균질성 미세구조를 가진 바리스터는 큰 입자들로 연결된 부분에서 전류 집중현상을 가져와 누설전류를 증가시키고 불균일한 전류 분포로 인하여 열폭주현상, puncture 현상 및 cracking 현상을 초래하게 된다[3-5]. 이러한 ZnO 바리스터의 파괴현상들을 개선하고 신뢰성 향상을 위해서는 결정립의 균질성, 기공률, 치밀도, 입계특성 등을 향상시켜야 한다. 바리스터 소재 분말로 나노크기의 분말을 사용함으로써 입자의 균질성을 향상시키고 기공률을 감소시킬 수 있다[1].

본 연구에서는 소자의 소형화와 에너지내량을 향상시키고자 ZnO 나노분말을 소재로 한 바리스터 시편을 제조하고, 소자의 에너지내량을 검토하기 위해 발열분포 열화상을 측정하여 비교 검토한다.

2. 실험

ZnO 나노분말을 이용한 바리스터 시편은 표 1과 같이 조성하였다. 바리스터의 제조 순서는 전자세라믹 공정 순서와 일치하며 48시간 이상 불-밀을 하였고, 0.65°C/min의 상승·하강율로 1050°C에서 2시간 소결하였다. 지름(∅)

표 1. 시편의 조성비[mol%].

ZnO	Sb ₂ O ₃	Co ₃ O ₃	MnO ₂	Cr ₂ O ₃
95.95	1.0	0.5	0.5	0.5
SiO ₂	ZrO ₂	NiO ₂	Al ₂ O ₃	Bi ₂ O ₃
0.2	0.5	0.2	0.005	1.0

42 mm, 두께(t) 4.2 mm의 소결체는 silver paste로 전극처리를 하였으며 에폭시를 사용하여 연면 코팅하였다.

제작된 ZnO 바리스터는 DC Power Supply와 Keithley 2000 Multimeter를 이용하여 동작전압인 DC 1mA가 흐를 때 소자에 인가되는 전압을 측정하였으며, 뇌충격제한전압은 Impulse Current Generator(150kA급)로 8/20µs의 파형을 가지는 2.5kA, 5kA, 10kA의 뇌충격전류가 ZnO 바리스터에 흐를 때 양단자간 전압을 측정하였다. 에너지 내량 특성 확인은 DC 전류 5mA를 5분간 인가하여 동작시킨 후 전류의 흐름으로 인한 발열온도분포를 열화상 카메라를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 검토

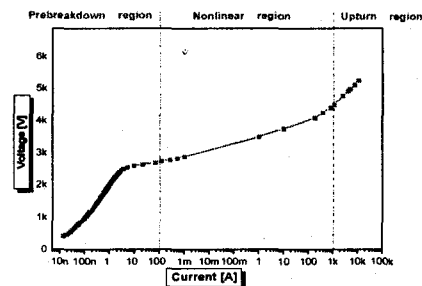


그림 1. V-I 특성 곡선.

표 2. 뇌충격전류에 따른 제한전압 특성.

동작전압(kV)	뇌충격제한전압(kV)			제한전압비 (V_{10kA}/V_{1mA})
	2.5 kA	5 kA	10 kA	
1 mA	2.88	4.50	4.71	1.72

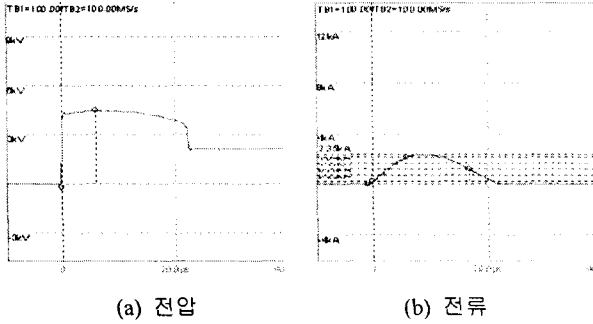
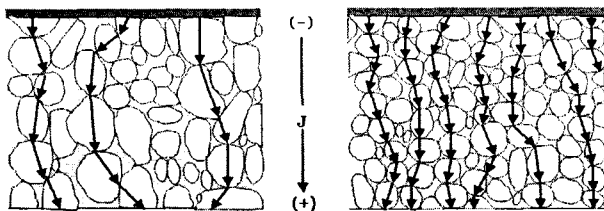


그림 2. 뇌충격전류에 따른 제한전압 시험 파형.

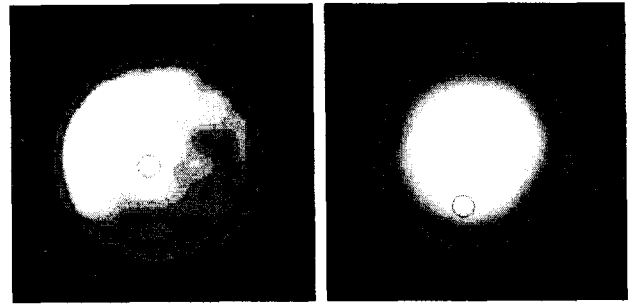
그림 1은 ZnO 나노바리스터의 전압-전류 특성을 나타낸 것이고, 동작전압과 각각의 뇌충격전류에 대한 뇌충격 제한전압을 표 2에 나타내었다. 그림 2는 8/20 μ s의 파형의 뇌충격전류에 대한 전압-전류 파형이다. 단위 두께당 동작 전압이 650V_{1mA}/mm로 일반 마이크로 바리스터에 비해 3배 이상 높은 특성을 보이고 있다. 또한, 일반적으로 10kA의 전류와 파형에 대해 1.83의 제한전압비를 가지는 마이크로 바리스터에 비해 나노 바리스터는 제한전압비가 1.72로서 보호성능이 우수하게 나타났다. 이것은 그림 3에 나타난 바와 같이 유효 저항의 값에 따른 것으로 판단된다.

그림 4는 나노 바리스터와 마이크로 바리스터 시편에 5 mA를 5분간 흘려서 바리스터를 동작시킨 후 열화상 촬영을 통해 발열상태를 보여준다. 마이크로 바리스터의 경우 국부적인 발열이 일어나는데 반해 나노 바리스터는 균일한 발열온도분포를 나타내고 있다. 이것은 마이크로 바리스터의 ZnO 결정입자가 불균일하게 성장하여 국부적인 발열이 일어나는데 반해 나노 바리스터는 ZnO 입자크기가 저감되고 ZnO 소자 그레이의 균일성이 향상된 것을 의미한다. 이와같이 소자 내부의 치밀화로 인하여 기공이 감소되고 그림에서 나타나듯이 소자 내부의 열이 빠르게 전도되어 방열이 원활하게 일어나고 있으며 또한, 식 (1)을 통해 유효단면적이 증가하여 에너지를 균일하게 흡수하고 있다는 것으로 판단된다.



(a) 마이크로 바리스터 (b) 나노 바리스터

그림 3. 바리스터 전기전도 모식도.



(a) 마이크로 바리스터 (b) 나노 바리스터

그림 4. 바리스터 발열온도분포.

$$R_{eff} = \rho \frac{L}{A_{eff}} \quad (1)$$

결론적으로 나노 바리스터는 전류집중을 분산시켜 국부적인 발열로 인한 열폭주를 방지함으로써 puncture나 cracking 현상을 감소시킬 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 ZnO 나노파우더를 사용하여 Bi계 바리스터를 제작하였으며 에너지 내량 특성을 비교 검토한 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) ZnO 나노 바리스터는 마이크로 바리스터에 비해 입자크기가 저감되어 동일 체적에 입자의 계수가 증가하여 동작전압이 3배 정도 향상되었다.
- 2) 뇌충격전류 시험에서 나노 바리스터의 제한전압비는 1.72로서 마이크로 바리스터보다 보호성능이 우수하게 나타났다.
- 3) 나노 바리스터는 균일한 전류 및 전계 분포를 가지게 되고 빠른 열전도성으로 균일한 발열온도분포가 나타났다. 에너지 내량의 향상에 기여할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2003-B-274) 주관으로 수행된 과제임.

참고 문헌

- [1] 유인성, 정종업, 박춘배, 전기전자재료학회, Vol. 18, No. 12, p. 1117, 2005.
- [2] 조한규, 윤한수, 김석수, 전기전자재료학회, Vol. 19, No. 4, p. 398, 2006.
- [3] S.-J. So and C. B. Park, J. Kor. Phys. Soc., Vol. 38, No. 4, p. 416, 2001.
- [4] T. K. Gupta, J. Am. Ceram. Soc., Vol. 73, p. 1817, 1990.
- [5] 한세원, 강형부, 김형식, 전기전자재료학회, Vol. 9, No. 7, p. 708, 1996