

## 소결 조건에 따른 ZnO 바리스터의 전기적 특성

윤중락, 이석원\*, 권정열\*\*, 이현용\*\*  
삼화콘덴서, \*호서대학교, \*\*영지대학교,

### Electrical Properties on Sintering Conditions of ZnO Varistor

Jung-rag Yoon, Sek-won Lee\*, Jeong-Yeol Gwon,\*\* Heun-Young Lee\*\*  
SAMWHA Co. Ltd . Hoseo Univ\*, Myoung Ji Univ\*\*

**Abstract :** ZnO 바리스터의 소결조건에 따른 바리스터 특성과 유전특성을 조사하였다. 소결조건에서 소결시간 및 시간에 따라 바리스터 전압의 변화를 볼 수 있었으며 적정소결온도에서 바리스터 전압  $V_{1mA}$  및  $V_{10mA}/V_{1mA}$  특성은 225 ~ 250, 0.85 ~ 0.9의 특성을 얻을 수 있었다. 특히, 유전특성의 경우 주파수에 따라 정전용량의 변화가 높은 온도에서 소결한 경우 높게 나타났으며 적정 소결온도에서는 유전율은 720 ~ 740, 유전손실은 2.5% 이하의 값을 얻을 수 있었다.

**Key Words :** ZnO Varistor, Varistor Voltage ( $V_{1mA}$ ), Dielectric Properties

#### 1. 서 론

바리스터는 전압 비직선 저항기로서 SiC 입자를 사용한 SiC 바리스터, SrTiO<sub>3</sub>를 적용한 용량성 바리스터가 있으며 각각 방전 내량 또는 동작개시 전압에 따라 그 응용범위를 달리한다. ZnO 바리스터는 우수한 방전내량과 Zener diode의 탁월한 비오용 특성으로 반도체 소자나 전자기기의 과전압 보호에 적용되고 있으며 충격전류에 대한 응답특성이 양호하여 전력용 피뢰기소자로서 사용되고 있다. ZnO 바리스터 세라믹스는 첨가제에 따라 몇 가지로 구분되나 일반적으로 Matsuoka에 의해 제안된 ZnO-Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MO(M=Mn,Cr,Co)가 있으며 각 첨가물은 입성장 억제 및 촉진, 에너지 내량 증진, 비직선성 개선, 신뢰성 개선등의 역할을 한다.[1] ZnO 바리스터의 전기적 특성은 ZnO 입자, Bi 입계상 (pyrochlore phase), 스피넬상등에 의해 결정되며 세라믹 소결과정에 따라 동일조성이라도 소결시 온도, 분위기, 냉각속도에 의해 특성이 변화한다. 따라서 본 논문에서는 소결온도 및 시간을 변화시켜 ZnO 바리스터 전류, 전압특성을 고찰하고 유전특성과의 연관성을 검토하고자 한다.

#### 2. 실험

ZnO을 주원료로 하고 첨가제로 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>를 사용하였다. 각각의 원료를 조성식에 맞게 칭량한 후 YTZ ball과 순수물을 매체로하여 24시간 동안 볼밀하였다. 혼합된 슬러리에 PVA, 이형제등을 첨가후 스프레이 드라이어를 이용하여 40 ~ 100 um의 과립을 형성하였다. 15mm급형을 이용하여 높이 2.5mm의 성형체를 성형한 후 전기로를 이용하여 소결하였다. 소결시 승온속도는 분당 5℃로 하였으며 1100 ~ 1175℃의 온도에서 소결시간을 변경하였다. 소결한 제품에 은 전극을 도포한 후 소결한 후 은(Ag) 소성하였으며 전기적 특성을 측정하였다. 전

압, 전류특성은 High Voltage Source measure Unit (Keithley 237)을 이용하여 측정하였으며 바리스터 전압  $V_{1mA}$ 는 전류가 1mA일 때의 전압이고 누설전류는 0.8 $V_{1mA}$ 에서의 전류이다. 유전특성은 HP4292A로 주파수에 따른 용량 및 손실을 측정하였다.

#### 3. 결과 및 검토

그림 1은 소성온도에 따른 바리스터 전압  $V_{1mA}$  및  $V_{10mA}/V_{1mA}$  특성을 나타낸 그림으로 소결온도가 증가 할수록 바리스터 전압이 감소함을 볼 수 있으며 특히 1175℃에서는 급격히 감소하였다. 일반적으로 바리스터전압은 전류가 흐르는 전도경로에 절연성을 가지는 입계의 수에 따라 변화하며 이와 같은 결과를 볼 때 소결온도에 따라 결정립계의 액상 성분이나 2차상의 분포가 달라져 나타난 결과로 예측된다. 이와 같은 결과는 기존에 보고된 바리스터 전압은 결정립의 크기로 조절 할 수 있다는 결과와 일치함을 볼 수 있다. [2]

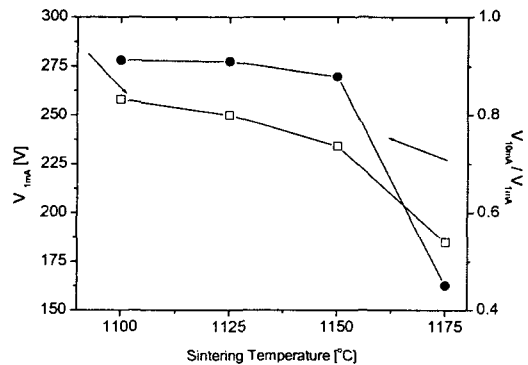


그림 1. 소결온도에 따른 바리스터 전압 및

### $V_{10mA}/V_{1mA}$ 특성

그림 2는 소결온도에 따른 누설전류 특성으로 소결온도에 따라 특성 차이가 나타남을 볼 수 있다. 특히, 1175℃에서 누설전류 값이 높게 나타나고 있지만 저온인 1100℃에서도 누설전류 값이 큰 것으로 보아 결정립계의 액상 분포 뿐 만 아니라 액상의 성분 및 소결성에 따라 절연성이 달리 나타남을 볼 수 있다.

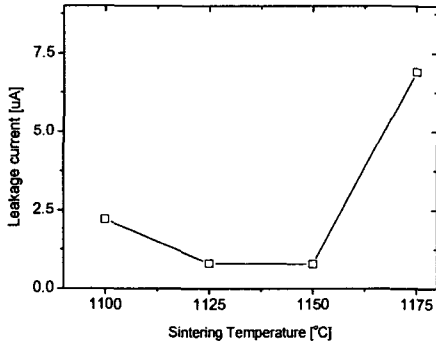


그림 2. 소결온도에 따른 바리스터 누설전류

그림3은 1125℃에서 소결온도를 달리한 경우의 바리스터 전압 및  $V_{10mA}/V_{1mA}$  특성으로 소결 시간이 12시간인 경우 급격히 감소함을 볼 수 있는데 이와 같은 결과는 그림 1에서 설명한 바와 같이 절연층을 형성하는 결정립계면 액상 분포 및 조성에 의한 것으로 예측된다.

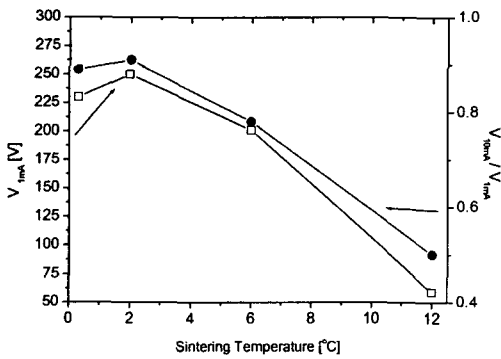


그림 3. 소결시간에 따른 바리스터 전압 및  $V_{10mA}/V_{1mA}$  특성 (1125℃ 소결)

그림 4는 소결온도에 따른 유전율 및 유전손실 특성으로 바리스터 전압과 유사한 경향을 볼 수 있다. 일반적으로 유전율은 결정립의 크기에 비례하며 결정립계에 액상이 적을 수록 유전율이 높아지는 데 이와 같은 결과를 볼 수 있다. 그림 5는 주파수에 따른 정전용량으로서 1150℃까지는 주파수에 따른 용량 변화가 크게 나타나지 않는 반면 1175℃에서는 저주파에서 높은 정전용량이 나타나면서 주파수에 따른 특성 변화도 크게 나타난다. 이와 같은

결과는 주파수에 따른 분극의 형태가 달라지므로 나타나는 결과로 고 유전율을 가지는 유전체에 나타나는 현상을 볼 수 있으며 결정립 크기에도 연관성이 있을 것으로 예상된다.

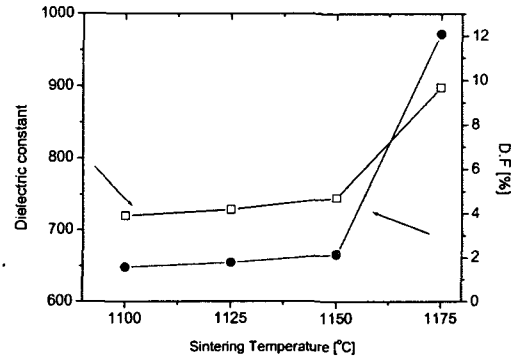


그림 4. 소결온도에 따른 유전율 및 손실

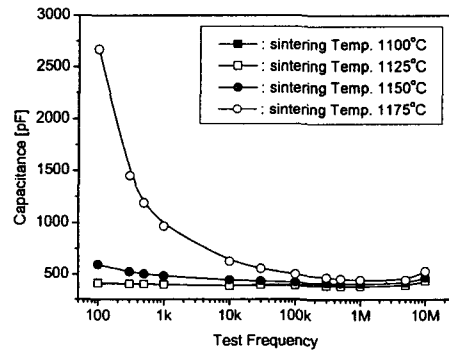


그림 5. 주파수에 따른 정전용량

## 4. 결론

ZnO 바리스터의 소결 온도 및 시간에 따른 특성을 검토한 결과 바리스터 전압의 경우 소결온도를 조절하여 조절할 수 있음을 볼 수 있었으며 누설전류의 경우 소결온도가 1125 ~ 1150℃에서 0.8uA 이하로 우수한 특성을 나타내었다. 유전특성의 경우 소결온도에 따라 유전율 720 ~ 740를 가지며 유전손실도 2.5%이하이며 적절한 소결온도 범위가 있음을 확인하였다.

## 참고 문헌

- [1] M.Matsuoka, "Nonohmic Properties of ZnO Oxide Ceramics," Jan,J,Appl.Phys.,10(5), pp.36-746, 1971
- [2].남춘우, 윤한수,류정선, "ZPCCE계 바리스터의 미세구조와 전기적 성질 및 안정성", 전기전자재료학회논문지,13권,9호,pp.735,2001