

프라세오디뮴계 산화아연 바리스터의 노화특성

Degradation characteristics of Praseodymium-based ZnO Varistor

이 외천	동의대학교 전기공학과
박 춘현	동의대학교 전기공학과
남 춘우	동의대학교 전기공학과

Woi-Chun Lee	Dept. of Electrical Eng., Dongeui University
Choon-Hyun Park	Dept. of Electrical Eng., Dongeui University
Choon-Woo Nahm	Dept. of Electrical Eng., Dongeui University

Abstract

Degradation characteristics of the Pr-based ZnO varistor with Y_2O_3 content (0.0~4.0 mol%) were investigated. It was appeared that the variation of the J-E characteristics in the reverse direction before and after the applied stress with increasing Y_2O_3 content was larger than that of the forward direction but the variation was extremely small. For all varistor, the leakage current with the stress time during the applied stress somewhat increased initially but afterthat was almost constant or slightly decreased. The overall varistor voltage and nonlinear coefficient were less than 5%. Especially, in the case of Pr-based ZnO varistor containing 2.0 mol% to 4.0 mol% Y_2O_3 , the variation of breakdown voltage and nonlinear coefficient was less than 1% and 5%, respectively. As a result, they showed good stability.

Key words(중요용어) : Degradation characteristics (노화특성), Pr-based ZnO varistor (Pr계 ZnO 바리스터), Varistor voltage (바리스터 전압), Nonlinear coefficient (비직선 지수), Leakage current (누설전류)

1. 서 론

ZnO를 주성분으로 하여 Bi_2O_3 , CoO, MnO, Sb_2O_3 , Cr_2O_3 를 미량으로 첨가시킨 다결정 세라믹 반도체인 ZnO 바리스터는 n형의 반도체 결정입과 입계사이에서 쇼트키 장벽이 형성되고, 이로 인해 높은 비직선적인 전압-전류 특성을 나타낸다¹⁾. 그리고 다수의 결정입과 입계가 존재하는 ZnO 바리스터의 구조로 인해 뛰어난 에너지 흡수능력도 가지고 있다²⁾. 이와 같은 비직선적인 전압-전류 특성과 뛰어난 에너지 흡수능력 때문에 ZnO 바리스터는 각종 전자기기 및 전력기기에서의 전압안정화와 서지 보호소자로서 널리 응용되고 있다. ZnO 바리스터가 보호소자로서 응용될 때 항상 누설전류를 야기시키는 연속적인 전압 스트레스를 받게 된다. 시

간에 따라 지속적으로 흐르는 누설전류로 인하여, 노화가 진행되고, 전류증가로 결국에는 열폭주로 소자가 파괴에 이르게 된다. 그러므로 ZnO 바리스터 특성의 안정성, 즉 노화특성이 중요시되고, 노화특성을 개선하기 위하여 열처리³⁾, 유리질첨가⁴⁾ 그리고 은도핑⁵⁾과 같은 방법이 연구 보고되고 있다.

그러나 지금까지의 노화특성에 관한 연구 보고는 Bi계 ZnO 바리스터가 거의 대부분이고, Pr계 ZnO 바리스터에서는 아직 보고되고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 Y_2O_3 가 첨가된 Pr계 ZnO 바리스터를 제작하여, 노화특성을 조사함과 동시에 Y_2O_3 의 첨가량에 따라 노화특성을 비교, 고찰하였다.

2. 실험

순도 99.9%이상의 시료를 0.1mg의 오차범위까지

mol% CoO + x mol% Y₂O₃ (x = 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0)의 조성식에 따라 평량하여, 그림 1과 같은 세라믹 기본공정의 순서에 따라 Pr계 ZnO 바리스터를 제작하였다.

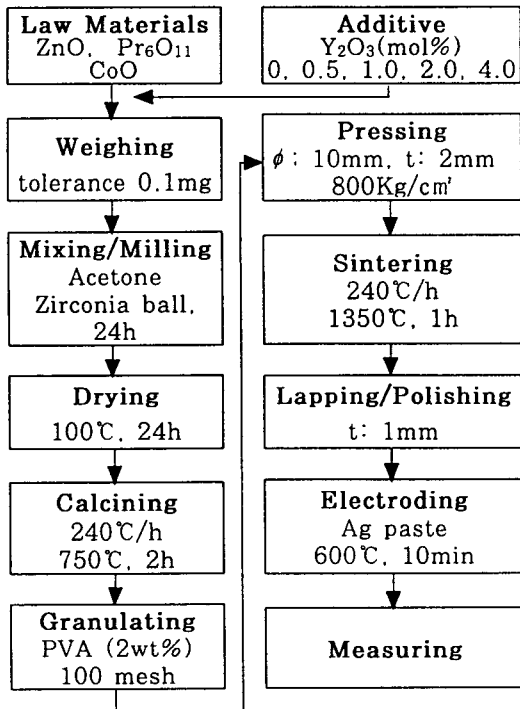


그림 1. Pr계 ZnO 바리스터의 제작 공정도
Fig. 1. Fabrication flow chart of Pr-based ZnO varistor

J-E 특성은 주울열의 영향을 없애기 위하여 current/voltage SMU (Keithley 237)의 linear staircase pulse (on/off 시간; 1/1 msec) 파형을 이용하여 298K에서 50mA/cm²까지 측정하였다. 바리스터 전압 V_B는 전류밀도가 1mA/cm²일 때의 전압으로, 누설전류 I_t은 바리스터 전압의 80% 전압에서 각각 측정되었으며, 비직선 지수 α 는 $\alpha = d(\log J)/d(\log E)$ 의 관계식으로부터 구하였다.

1차 스트레스 (0.8V_B/373K/12h)와 2차 스트레스 (0.85V_B/393K/12h)후에 각각 298K에서 J-E 특성을 측정하였다.

스트레스 인가동안 스트레스 시간에 따른 누설전류는 373K에서 스트레스 전압 (0.8V_B)을 current/voltage SMU (Keithley 237)로 인가하고 1분간격으로 12시간 동안 누설전류를 측정하였다. 계속해서 다시 393K에서 스트레스 전압 (0.85V_B)를 인가하고 누설전류를 측정하였다

3. 결과 및 고찰

그림 2는 Y₂O₃ 첨가량에 따른 Pr계 ZnO 바리스터의 스트레스 인가전·후의 J-E 특성을 나타낸 것이다. 스트레스 인가후, Y₂O₃의 첨가량이 증가함에 따라 dc 바이어스 방향에 관계없이 J-E 특성은 미약한 변화를 보임을 알 수 있다. 이와 같은 전도특성 변화로 보아 Y₂O₃가 첨가된 Pr계 ZnO 바리스터는 노화가 작은, 즉 안정성이 양호한 소자인 것으로 판단된다.

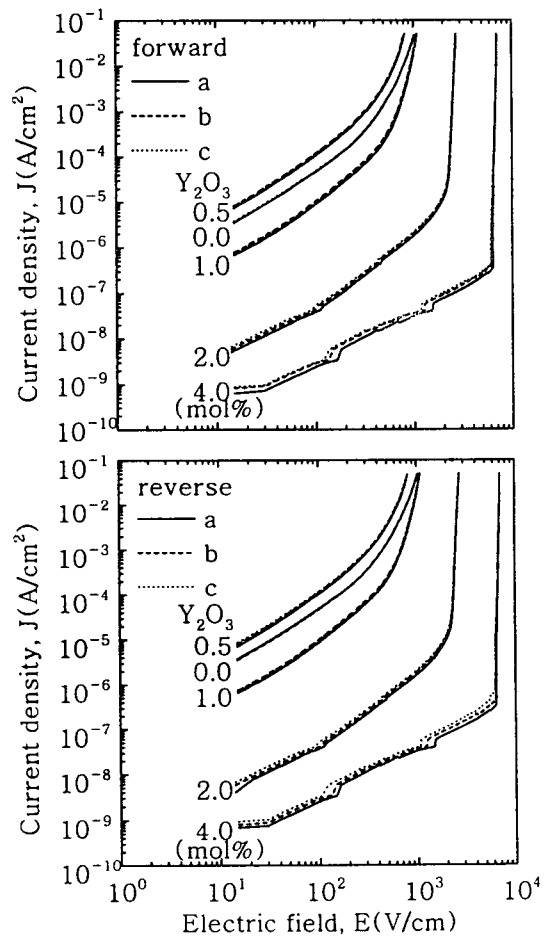


그림 2. 스트레스 인가전·후의 J-E 특성;
a : 스트레스 전, b : 0.8V_B / 373K / 12h,
c : 0.85V_B / 393K / 12h

Fig. 2. J-E characteristics before and after the stress; a : initial, b : 0.8V_B / 373K / 12h,
c : 0.85V_B / 393K / 12h

그림 3은 스트레스 인가동안 스트레스 시간에 따른 누설전류를 나타낸 것으로 스트레스 인가동안

대체로 초기단계에는 누설전류가 증가하는 추세이나, 그 이후에는 거의 일정 또는 감소 추세로 Y_2O_3 가 첨가된 Pr계 ZnO 바리스터의 안정성이 상당히 양호함을 단적으로 보여주고 있다.

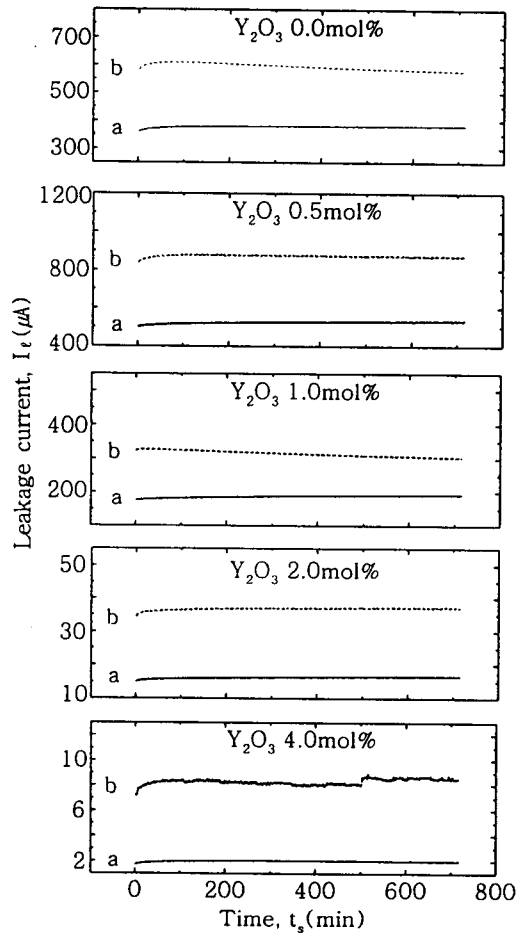


그림 3. 스트레스 인가동안 시간에 따른 누설전류;
a : $0.8V_B / 373K / 12h$,
b : $0.85V_B / 393K / 12h$

Fig. 3. Leakage current with the stress time during the applied stress:
a : $0.8V_B / 373K / 12h$,
b : $0.85V_B / 393K / 12h$

그림 4는 스트레스 인가전·후의 바리스터 전압 변화를 나타낸 것이다. 순방향보다는 역방향에서 다소 변화율이 큼을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 인가전압의 대부분이 역방향으로 바이어스된 쇼트키 장벽에 인가되기 때문이다. 전체적으로 바리스터 전압 변화율은 작으며, 특히 2.0~4.0 mol% 첨가의 경우 1% 이내의 대단히 작은 변화율을 나타냈다.

그림 5는 스트레스 인가전·후의 비직선 지수 변

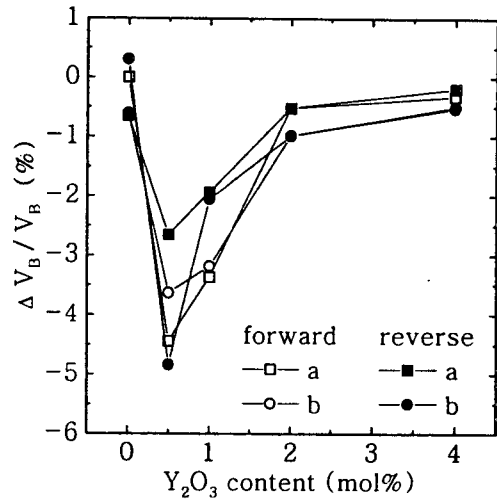


그림 4. 스트레스에 따른 바리스터 전압의 변화;
a : $0.8V_B / 373K / 12h$, b : $0.85V_B / 393K / 12h$

Fig. 4. Variation of varistor voltage with the applied stress; a : $0.8V_B / 373K / 12h$, b : $0.85V_B / 393K / 12h$

화를 나타낸 것으로 비직선 지수의 변화율이 각 소자 또는 Y_2O_3 첨가량에 따라 바이어스 방향 및 스트레스 조건 의존성이 없음을 알 수 있다. 그러나 전체적으로 그 변화율은 약 5% 이내이다.

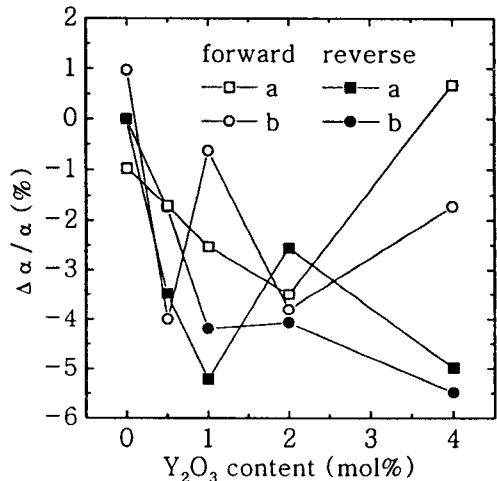


그림 5. 스트레스에 따른 비직선 지수의 변화;
a : $0.8V_B / 373K / 12h$, b : $0.85V_B / 393K / 12h$

Fig. 5. Variation of nonlinear coefficient with the applied stress; a : $0.8V_B / 373K / 12h$, b : $0.85V_B / 393K / 12h$

그림 6은 스트레스 인가전·후의 누설전류 변화율을 나타낸 것이다. 누설전류 변화율은 Y_2O_3 첨가량이 증가함에 따라 바이어스 방향에 관계없이 증가하며 순방향보다 역방향에서 큰 변화율을 나타냈다.

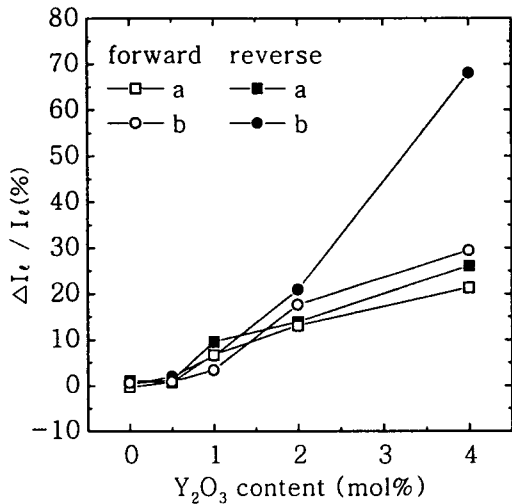


그림 6. 스트레스에 따른 누설전류의 변화;
a : $0.8V_B / 373K / 12h$, b : $0.85V_B / 393K / 12h$

Fig. 6. Variation of leakage current with the applied stress; a : $0.8V_B / 373K / 12h$, b : $0.85V_B / 393K / 12h$

4. 결 론

Y_2O_3 가 x mol% (x = 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0) 첨가된 Pr계 ZnO 바리스터를 제작하여, 노화특성을 조사하였다.

Y_2O_3 가 2.0~4.0 mol% 첨가된 Pr계 ZnO 바리스터의 전도특성이 매우 양호한 것⁶⁾으로 알려진 점으로 비추어 볼 때, 스트레스에 따른 누설전류가 0.0~1.0 mol% 첨가된 Y_2O_3 보다 누설전류가 다소 높지만 역방향에서 바리스터 전압 변화율이 1% 이내이고, 비직선 지수 변화율도 약 5% 정도일 뿐만 아니라 스트레스 인가전의 누설전류가 매우 낮고, 스트레스에 따른 누설전류 변화가 작기 때문에 안정성 면에서도 양호한 소자로서 응용가능성이 매우 높은 것으로 보인다.

참 고 문 헌

1. L. M. Levinson and H. R. Philipp, "Zinc oxide varistor-A review", Am. Ceram. Soc. Bull, vol. 65, pp. 639~646, 1986.
2. 뉴-케라스 시리즈 編集委員會, "半導体セラミクスとその應用", 學獻社, pp. 109~203,

1990.

3. A. Iga, M. Matsuoka, and T. Masuyama, "Effect of heat-treatment on current creep phenomena in nonohmic ZnO ceramics", Jpn. J. Appl. Phys, vol. 15, pp.1847~1848, 1976.
4. Y. S. Lee and T. Y. Tseng, "Effects of spinel phase formation in the calcination process on the characteristics of ZnO-grass varistors", J. Mater. Sci, vol. 8, pp.115~123, 1997.
5. J. Fan and R. Freer, "The electrical properties and dc degradation characteristics of silver doped ZnO varistors", J. Mater. Sci, vol. 28, pp.1391~1395, 1993.
6. 남춘우, 정순철, 이외천, " Y_2O_3 첨가에 따른 ZnO:Pr 바리스터의 미세구조 및 전기적 특성에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, vol. 11, No. 1, pp.48~56, 1998.