

ZnO 계 세라믹 바리스터의 비오姆성과 열자격 전류

○ 장 경 옥 ○ 이 상 석 이 준 응  
 광운대학원 석사과정, 광운대학원 박사과정, 광운대학 이공학부 교수

( Thermally Stimulated Current and Nonohmic Properties  
 of the Ceramic Varistors based on Zinc Oxide )

K. U. Jang S. S. Lee  
 Dep. of Electric Eng. Kwang Woon Gradu.

J. U. Lee  
 Dep. of Electric Eng. Kwang Woon Univ.

1. 서 론

최근 급격한 전자기술의 발전에 따라 반도체의 이용은 일일진보, 많은 분야에 응용되고 있으며, 특히 반도체 소자는 surge 로 부터 보호하는 측면에서 많은 연구가 진행되고 있음은 주지의 사실이다. Surge 흡수용 소자로는 Zener Diode, SiC Varistor 등이 이용되어 왔으나, Zener Diode 는 surge 에 약하고 내압이 높지 않은 결점이 있고, SiC Varistor 는 전압-전류 특성에서 비직선계수  $\alpha$  가 크지 않고 제한 전류가 높지 않아 과전압 으로부터의 보호라는 목적에 충분히 부합하지 못한다. 따라서, 최근에는 비직선 계수 가 크고, Zener Diode 에 비해 내압 (Breakdown voltage) 도 큰 ZnO-계 Ceramic Varistor 에 주목 하게 되었다. ZnO-계 Ceramic Varistor 의 발달과정은 1967 년에 ZnO 소결체에서 비오姆성을 발견했고, 1968 년에 ZnO 세라믹 바리스터를 개발했고, 1970 년대초 일본의 Matsuoka 에 의하여 산화아연을 주성분으로 한 ZnO-계 Ceramic Varistor 가 세계 최초로 개발 되었다.

본 논문에서는 ZnO-계 Ceramic Varistor 의 Breakdown 전압을 제어할 목적으로 TiO<sub>2</sub> 를 첨가하여 측정된 V - I 특성과 온도 범위 -160 [°C] - 200 [°C] 사이에서 형성전계 10 [kv/m] 를 5분 동안 형성시킨 Ceramic Electret 로 부터 관측한 3개의 TSC Spectrum 의 특성을 소개한다.

2. 실험

2.1. 시편 제작

본 실험에서 사용된 시편은 그림 1과 같이 ZnO Ceramic 의 조성은 ZnO, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoO, MnO<sub>2</sub> 를 기본시약으로 ZnO grain size 를 제어할 목적으로 TiO<sub>2</sub> 를 1 mol%, 2 mol%, 3 mol%, 4 mol% 혼합하여 일반 Ceramic 제조공정에 따라 제작하였다. 제작된 시편은 연마(polishing) 과정을 거쳐 두께 0.65[mm] 에 은전극(지름 16 [mm]) 을 부착 하였다.

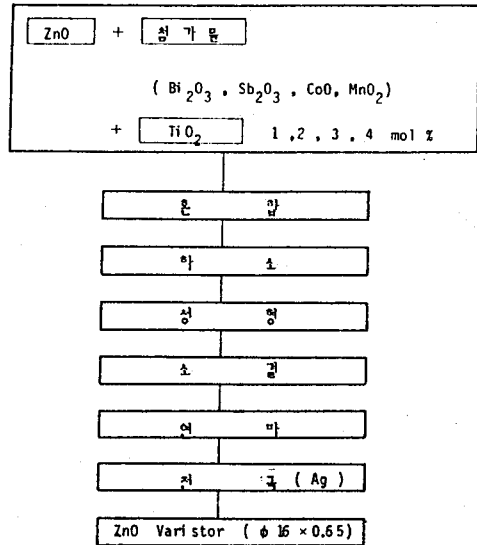


Fig.1 Sample preparation procedure.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 전압 - 전류 측정

전압-전류 측정 장치의 Block - Diagram 은 그림 2와 같으며 그 구성은 Power Supply (TPS-55), X-Y Recorder (Yew 3033) 및 Digital Electrometer (Keithley 616) 로 되어있다.

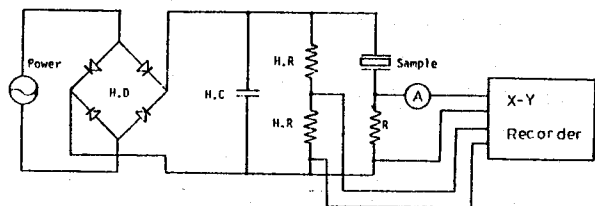


Fig. 2 Block diagram of the measuring device for V-I characteristics

2.2.2. TSC 측정

본 실험에서 사용된 TSC 실험 장치의 블록 선도는 그림 3과 같다. 항온조 및 온도 조절 장치는 TOYO SEIKI (Japan) 사 제품이고, 전위계는 KIKUSEI Electronics Co. Model PAB (Japan), 그리고 기록계는 J.J. C R 503 Recorder(England) 를 사용하였다.

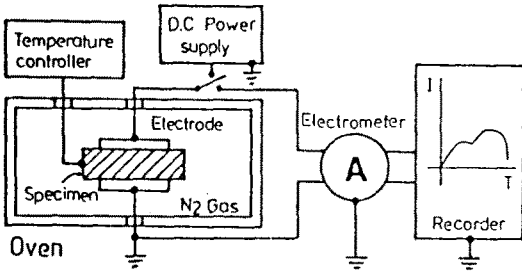


Fig. 3 Block diagram of TSC apparatus

3. 실험 결과

3.1. 전압-전류 특성

제작된 ZnO Varistor 의 전압-전류 특성의 실험 결과는 그림 4와 같다. 이 그림에서 보면 알수있는 바와 같이 TiO<sub>2</sub>를 첨가한 경우 첨가하지 않은 순수시편 보다 Breakdown 전압이 낮아짐을 알수있다. 또한, TiO<sub>2</sub>를 첨가한 경우 mol% 가 증가함에 따라 Breakdown 전압은 낮아 지는데 이 사실은 이미 보고 되어있는 연구 결과와 잘 일치한다. 또, 관측된 V-I 특성으로부터 비직선계수는 TiO<sub>2</sub> mol% 가 증가(1-4 mol%)하면 감소하는 것이 확인 된다.

3.2. TSC Spectra

그림 5는 형성온도 100[°C] 형성전계 10[kv/cm] 를 5분 동안 인가하여 온도범위 -160[°C] - 200[°C] 사이에서 관측한 TSC Spectrum 인데 120[°C], 23[°C] 및 -100[°C] 부근에서 3개의 TSC Spectra 를 얻었는데 편의상 이들 Spectra 를 고온에서 부터 저온으로 α, β 및 γ Spectrum 이라 명명 하였다. 그림에서 보면 알수있는 바와 같이 mol%를 증가시키면, α, β 및 γ 피크의 진폭은 감소하며 또 각 피크의 I<sub>m</sub>이 나타나는 T<sub>m</sub>는 저온측으로 이동함을 알수있다.

4. 결론

ZnO-계 에 TiO<sub>2</sub> 를 첨가하여 제작한

Ceramic Varistor로부터 관측한 전압-전류 특성과 TSC Spectra 결과로부터

1) 관측된 V-I 특성으로부터 TiO<sub>2</sub>의 mol%를 증가시키면 Breakdown 전압이 점점 낮아짐을 확인하였다.

2) V-I 특성곡선에서는 같은 전계에서 TiO<sub>2</sub>의 mol%를 감소시키면 전류의 크기는 감소하는데, 이 사실을 동일 전계내에서는 캐리어 밀도가 트랩으로 감소하기 때문으로 사료된다.

3) TiO<sub>2</sub>를 3mol%첨가한 ZnO계 세라믹 바리스터의 α, β 및 γ Spectra 에서 초기상승범위로 일은 활성화 에너지는 각각 0.47, 0.37 및 0.02[eV]를 각각 얻었다.

4) 120[°C] 부근의 고온측에서 나타나는 α 피크의 기원은 ZnO grain 의 surface state 에 Trap 되어있던 캐리어들이 detrapp 되어, 23[°C] 와 -100[°C] 부근에서 나타나는 β 및 γ 피크는 ZnO grain 사이의 Depletion layer 에 Trap되어있던 캐리어의 기어로 나타나는 것으로 사료된다.

5) TSC Peak 중 α, β 및 γ Spectra의 진폭은 TiO<sub>2</sub>의 mol%를 증가시키면 감소하면서 T<sub>m</sub>는 저온측으로 이동하는데 이는 TiO<sub>2</sub>의 mol%를 증가시키면 ZnO grain 이 성장되기 때문으로 사료된다.

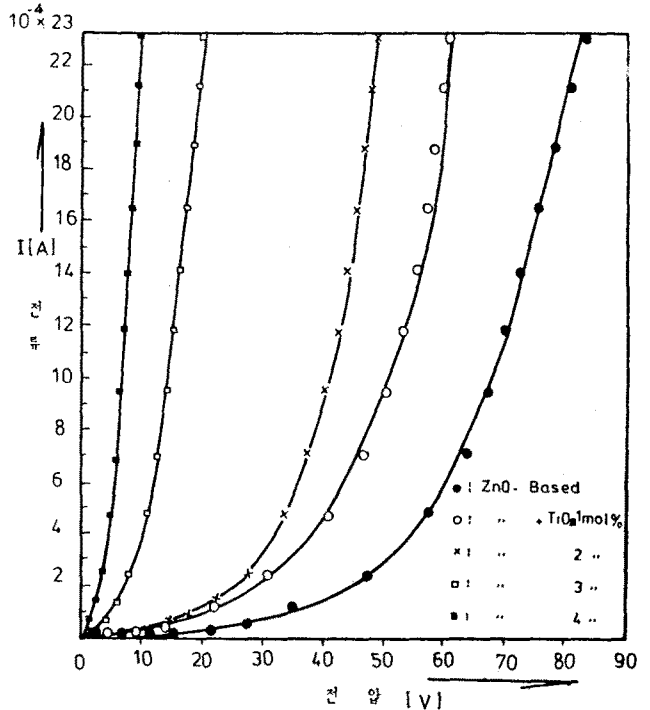


Fig. 4 Voltage-current characteristics of ZnO ceramics

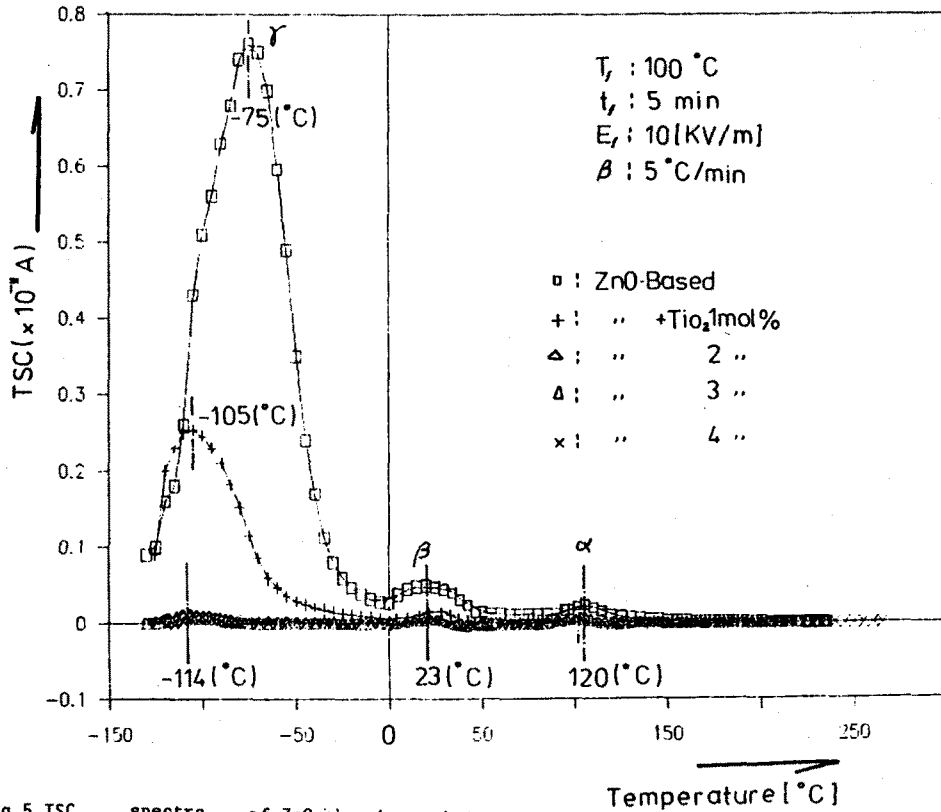


Fig.5 TSC spectra of ZnO ceramic varistor

REFERENCES

1. M. Matsuoka ; " Nonohmic properties of Zinc Oxide Ceramics" Jpn. J. Appl. Phys. , Vol. 10. 736 (1971)
2. Lionel M. et al ; "The physics of metal oxide varistors " J. Appl. phys. , Vol. 46. 1332 (1975)
3. G. D. Mahan. et al ; "Theory of conduction in ZnO varistors". , J. Appl.phys. , Vol. 50, 2799 (1979)
4. William G. Morris ; "Physical properties of the electrical barriers in varistors" , J.Vac. Sci. Technol. , Vol.13, 926 (1976)
5. H. R. Philipp. et al ; "Low-temperature electrical studies on metal-oxide varistors-- A clue to conduction mechanisms" J. Appl. Phys., Vol. 48, 1621 (1977)