

ZnO 바리스터의 열 일렉트렉트

안용모, 이상식*, 박승협**, 홍진웅****, 이성백***, 이준웅****

*광운대 대학원 **한국에너지연구소 ***광운대전자공학과 ****광운대전기공학과

Thermal Electret of the ZnO varistor

Y.M. Ahn, S.S. Lee*, S.H. Park**, J.W. Hong****, S.P. Lee***, J.U. Lee****

*Kwang Woon Univ. **KAERI. ***Dep.of Electronic.Eng.,Kwang Woon Univ.

****Dep.of Electrical.Eng.,Kwang Woon Univ.

Abstract

Thermal Electret of the Zinc Oxide varistor has been studied in the temperature range of $-130 \sim 200 [^{\circ}\text{C}]$ and the electric field of $6[\text{kV/m}]$.

It appears that there are four peaks of thermally stimulated current; α, β, γ and δ spectra appearing at the temperature range of $160, 130, 20$ and $-30 [^{\circ}\text{C}]$, respectively.

It seems that the origins of α, β, γ and δ peaks are associated with the depolarization of donor ions in the depletion layer, the detrapping of trapped electron in the surface, the detrapping of trapped electron in the donor level and the detrapping of trapped electron between grain and intergranular, respectively.

1. 서론

ZnO계 바리스터는 우수한 비직선성과 큰 충격 에너지 흡수 능력이 있어 피뢰기나 전자 보호 장치등에 이용 되고있다.

그러나 바리스터가 파괴전압 이하에서 흐르는 누설전류는 정상상태의 전압이 장시간 인가되어 있는 상태이므로 소자의 온도를 상승시켜 소기의 목적을 달성할수없는 상태에 이르게 한다.

이와같은 열화에 대한 평가방법으로 열자극전류 (Thermally Stimulated Current: 이하 TSC 라 한다.)의 측정이 도입 되었다.

열화 기구를 해석하기 위한 TSC 측정 논문은 여러 편 보고되고 있으나, 아직 TSC의 기원이나 에너지대 모델로 이를 설명하기에는 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 전에 보고한 TiO_2 를 첨가하지않은 경우와 TiO_2 2[mol %]를 첨가한 경우의 TSC를 측정하여 에너지대 모델과 TSC의 기원에 대해 검토하고자 한다.

2. 실험

2.1 시편 제작

ZnO계 세라믹 바리스터의 조성은 $\text{ZnO}, \text{Bi}_2\text{O}_3, \text{Sb}_2\text{O}_3, \text{CoO}, \text{MnO}$ 를 기본시약으로 하고 일반세라믹 제조공정에 따라 그림 1 과 같이 제작하였다. 제작된시편은 두께 $1[\text{mm}]$ 로 연마하여 반경 $6[\text{mm}]$ 의 크기로 Silver paste를 도포하여 전극으로 이용 하였다.

2.2 열자극 전류의 측정

본 실험에서 사용된 TSC 실험장치의 블록 선도는 그림 2와 같이 Thermo Controller(일본 Toyo Seiki), Electrometer(Keithley 602) 및 Recorder(JJ Lloyd Ins. LTD. CR 503)로 구성하였다.

항온조 내의 온도($T = -100, -50, 0, 50, 100 [^{\circ}\text{C}]$)에서 전계 $6[\text{kV/m}]$ 로 5분동안 인가한후 역제질소로 $-130 [^{\circ}\text{C}]$ 까지 급냉 시킨후 $5 [^{\circ}\text{C}/\text{min}]$ 의 속도로 승온시키면서 TSC를 측정하였다.

3. 실험 결과

그림3은 ZnO계 바리스터에서 형성온도 $-100 \sim 100$ [°C] 사이의 범위, 형성전계 6 [kV/m]를 인가하여 $-130 \sim 200$ [°C] 사이의 온도범위에서 TSC를 측정 한 결과이다.

그림에서 편이상 고온측의 피크로부터 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 라 명명하였다.

그림3에서 알수있듯이 형성온도가 증가할수록 각 피크의 최대온도 T_m 은 고온측으로 이동하며, 각 피크의 최대전류 I_m 은 증가한다.

4. 고찰

ZnO계 바리스터의 TSC 피크의 기원을 결정입계의 구조와 대응시켜 검토하기위해 그림4와 같은 에너지대 모델을 고려하였다.

일반적으로 TSC기원으로는 트랩된 전자, 쌍극자, 이온 등으로 보고되어있다.

본논문의 경우 그림4의 에너지대 모델로부터 TSC 피크의 기원을 검토하고자한다.

α 피크의 경우 가장 큰 활성화에너지를 나타내고 있는데 이는 전자보다는 이온의 탈분극에 의한 에너지가 클것이므로 형성전계에 의해 공핍층내의 도너준위와 페르미준위사이에 존재하는 도너이온들의 열여기로 사료되며, 이는 K.EDA⁽¹⁾나 K.SATO⁽²⁾ 등의 상온이상에서의 TSC측정결과에서 이동이온에 의한 것이라는 보고가 뒷받침한다.

β 피크의 경우는 α 피크의 활성화에너지 보다는 작은 경우로 트랩된 전자의 기여로 고려할때 ZnO 입자와 입계층 사이의 도너준위와 페르미준위 사이의 계면에서의 전자의 수수로 생각된다.

또한 β 피크의 경우는 ZnO입자의 도너준위로 부터 열여기된 전자의 기여로, δ 피크는 ZnO입자와 입계층 사이의 전도대 부근의 계면에 트랩된 전자의 열여기로 사료된다.

5. 결 론

ZnO계 Electret를 온도 범위 $-130 \sim 200$ [°C]에서 형성온도에 따른 TSC를 관측하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 형성온도가 증가함에 따라 T_m 은 고온측으로 I_m 은 증가하는 경향을 나타내었다.
2. α 피크의 기원은 공핍층내의 도너준위와 페르미준위사이에 존재하는 도너이온들에 열여기로 나타나며, β, γ 피크의 기원은 각각 계면내의 도너준위와 페르미준위 사이의 계면에서의 전자의 수수와 ZnO 입자의 도너준위로부터 열여기된 전자의 기여로 사료된다.
3. δ 피크의 기원은 ZnO입자와 입계층사이의 전도대 부근의 계면에 트랩된 전자의 열여기로 사료된다.

6. REFERENCES

1. K.EDA, M.MATSUOKA, "Thermally Stimulated Current in Nonohmic ZnO Ceramics", Jap.J.Appl.Phys., 16(1), pp.195 (1977)
2. M.HAYASHI, et al., "Degradation Mechanism of Zinc-Oxide Varistor under DC bias", J.Appl.Phys., Vol.53, No.8, (1982)
3. KAZUO EDA, et al., "Degradation Mechanism of Nonohmic Zinc-Oxide varistors", J.Appl.Phys., Vol.51, No.5, pp.2678, (1980)
4. KAZUO EDA, "Conduction Mechanism of Nonohmic Zinc Oxide Varistors", J.Appl.Phys., Vol.49, No.5, pp.2964, (1978)
5. 이준웅 외., "TiO의 첨가가 ZnO계 바리스터에 미치는 전기적인영향", 대한전기학회 창립 40주년 학술대회 논문, 87-G-20-3, pp.234, (1987)
6. N.SHOHATA, et al., "Effects of Glass on Nonohmic Properties of ZnO Ceramic Varistors", Jap.J.Appl.Phys., Vol.16, No.12, pp. (1977)
7. K.SATO et al., "A Mechanism of Degradation in leakage Current Through ZnO Varistors", J.Appl.Phys., Vol.53, No.12, pp.8819, (1982)

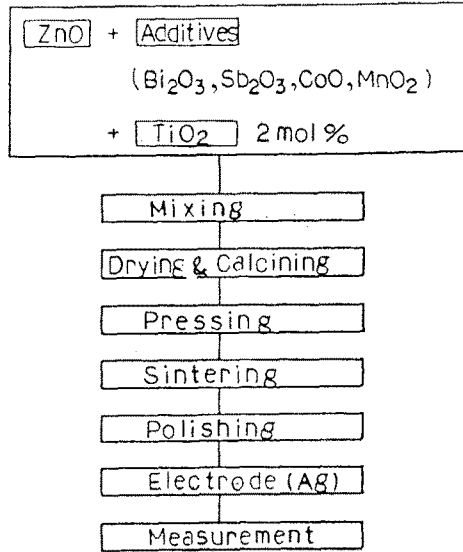


그림.1. 시편 제작 과정

Fig.1. Flow chart for procedure of sample

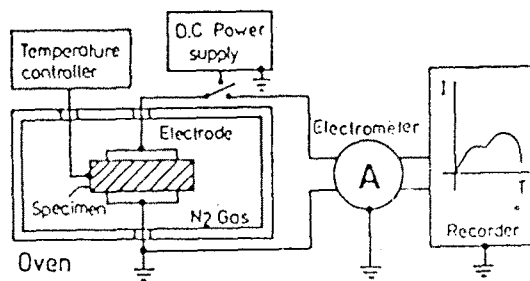


그림.2. 열자극 전류 측정 장치의 출력선도

Fig.2. Block diagram of TSC apparatus

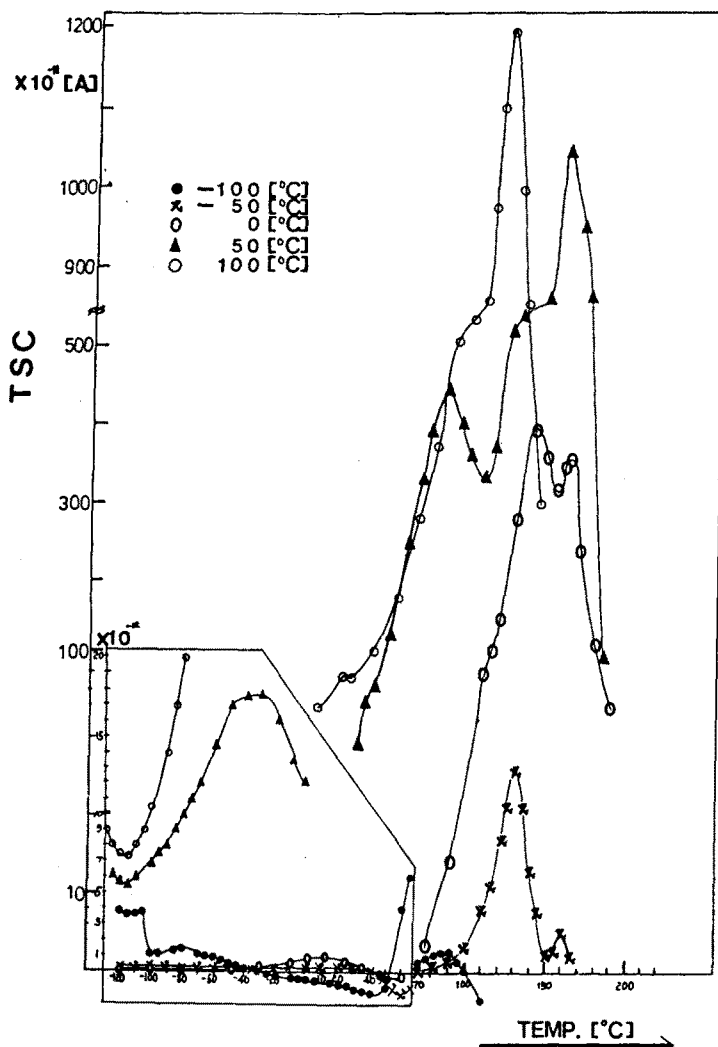


그림.3. 열자각 전류의 온도 의존성
 Fig.3. Temperature Dependence of TSC spectra.

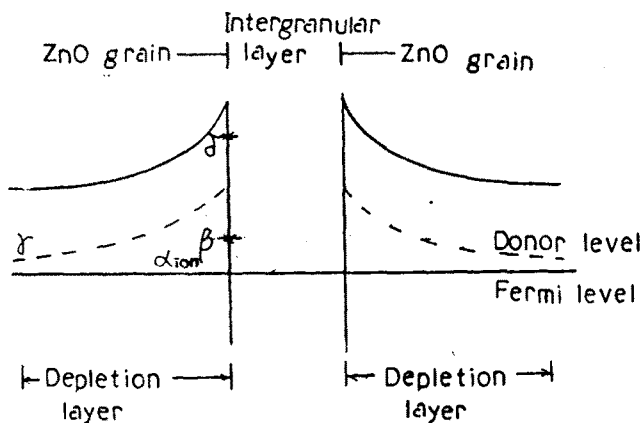


그림.4. ZnO varistor의 에너지 밴드 모델
 Fig.4. Energy band model of ZnO varistor