

Polyethylene terephthalate 중의 가동이온의 계면특성과 이동도에 관한 연구

이	호	섭*	조선대학교	대학원
오	담	곤	조선대학교	
국	상	훈	조선대학교	

A study on the characteristics of interface and Mobility of Movable Ion in polyethylene Terephthalate

Ho - Sub Lee	Chosun Gradu
Keum - Kwon Oh	Chosun University
Sang - Hoon Kook	Chosun University

ABSTRACT

This study investigate that the behavior of movable ion in PET effect on the characteristics of the insulating materials.

This examine that movable ion signal to. participation of Ca²⁺ Sb³⁺ resulting catalyst refuse and characteristics of activation energy that is need to reionization of movable ion type and neutralized cast as measuring characteristics of polarity reversal current or thermally stimulated current:

1. 서론

최근 진력전송의 초고압화 혹은 electronic 분야에서 박막 절연재료로서 많이 쓰이는 polyethylene terephthalate (PET)의 전기전도기구 해명이 절실하게 요구되지만 아직 그이론 및 현상면에서 불명한 점이 남아있다.

본 연구에서는 고분자 절연체중에 존재하는 가동이온의 거동이 절연재료 특성에 많은 영향을 주므로^{1) 2)} 여기에 초점을 맞추어 Bulk 중에 있어서 이동도 및 증성화 등의 계면특성을 조사 하였다. 또 가동이온의 거시적 변위에 의해서 형성되는 이온공간 전하분극의 열자극전류 (TSC)에의 기여를 측정 하였으며 가동이온의 종류와 증성화된 경우의 재이온화에 필요한 활성화 Energy 특성을 조사 하였다.

2. 측정장치 및 측정방법

시료는 유기절연 재료로서 널리 쓰이는 poly-

ethylene terephthalate Film (mylar 19μm, Lu-mirror 16μm)를 이용 하였고 온도제어가 가능한 진공도 10⁻⁵ torr 정도의 진공용기 중에서 측정하였는데 진공 중에서 측정 한것은 열차단, 누설전류, 시료의열화, 방신 등을 방지하기 위해서이며 측정전류 값이 극히 작기 때문에 외부 영향을 받기 쉬우므로 접지된 Belljer 내에서 측정하였다.

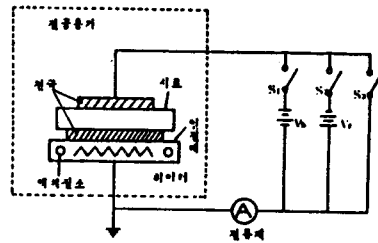


그림 1 측정회로 Fig. 1 measurement circuit

그림 1은 측정회로를 표시 하였으며 전류계의 출력을 X - Y Recorder의 Y축에 온도의 출력을 X축에 접속시켰다. 시료의 온도 조절은 액체질소와 히터로 하였으며 하부전극에 장치한 동 - constantan 열전대로 측정하였다.

3. 시험결과 및 검토

3 - 1 이온공간전하분극의 TSC 해석

PET Film에서 전계나 전하의 분포는 두께 방향만을 고려하여 1차원으로 생각한다. 또 초기에는 대전되어 있지 않지만 전압인가로 양면에 정·부 전위가 발생하므로 PET는 정·부 전하가 등량 균일하게 존재하는 두전하 model로 되어있다고 본다.

PET 내의 전류를 i(x) 정의 가동이온의

이동도를 μ , 확산계수를 D 내부전계를 $E(x)$, 정이온의 전하밀도를 $\rho(x)$, 부의 고정전하밀도를 ρ' 시료두께를 d 유전율은 ϵ 이며 양전하의 계수를 I 로 한다. 단락회로의 PET 내의 전류

$$i(x) = i(x) = \mu E(x) \rho(x) - D \frac{d\rho(x)}{dx} \quad (1)$$

$x = 0$ 에서 d 까지 적분하여 TSC I 를 구하면 $I = \frac{1}{d} \int_0^d i dx = \frac{1}{d} \int_0^d \mu E \rho dx - \frac{D}{d} \int_0^d \delta \rho dx \quad (2)$ 된다.

TSC의 Leading edge에서 전하분포가 지나치게 변화하지 않고 $(\rho(0) - \rho(d)) = \text{const}$ 라하면

$$I \approx \frac{(\rho(0) - \rho(d))}{d} D_0 \exp\left(-\frac{H}{kT}\right) \quad (3)$$

단 $D = D_0 \exp\left(-\frac{H}{kT}\right)$ 이다. 여기서 H 는 확산계수의 활성화 energy k 는 Boltzmann 정수, T 는 온도, D_0 는 온도에 의존하지 않는 정수이다.

식(3)의 대수를 취하면

$$\ln I \approx \ln \left\{ \frac{(\rho(0) - \rho(d))}{d} \right\} + \ln D_0 - \frac{H}{kT} \quad (4)$$

로되어 TSC의 Leading edge의 plot에서 이온확산정수의 활성화 energy H 가 얻어진다.

I 는 실험결과에서 얻어지므로 전하의 초기 분포가 명확하면 $(\rho(0) - \rho(d))$ 가 명확히 되며 D_0 가 구해진다. TSC 측정할 하기전에 가장 단순한 전하분포를 생각하여 V_b 를 T_b 에 충분히 인가하는 것으로 정이온이 drift와 확산으로 균합되어 이온공간전하분극이 형성되어 있다면 $\rho(0, T_b) - \rho(d, T_b) = \frac{\mu(T_b)}{D(T_b)} \cdot \rho V_b \frac{e}{kT_b} \rho V_b (b)$ 이 성립한다. 이식이 TSC의 초기 전하분포이다. 그러므로 TSC의 Leading edge에서 전하분포가 그다지 변하지 않는 범위내에서는 TSC의 $(\rho(0) + \rho(d))$ 에 식(5)를 대입시킬수 있다.

식(3)에 식(5)를 대입하면

$$I = D_0 \exp\left(-\frac{H}{kT}\right) \frac{e}{kT_b} \cdot \frac{\mu_r}{d} \cdot \frac{V_b}{d} \quad (6)$$

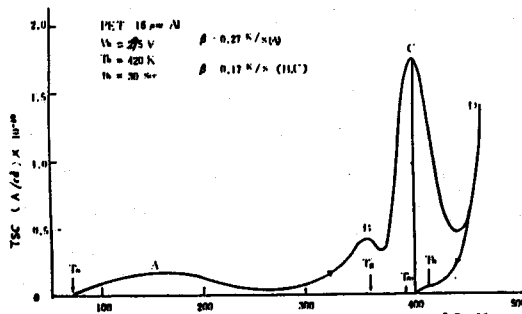


그림 2 PET의 TSC
Fig. 2 TSC of PET

α/d 는 정이온 전하밀도의 평균이고 V_b/d 는 분극 형성시의 평균전계이다.

3-2 TSC에 의한 이동도의 측정

PET의 TSC를 그림 2에 표시하였다.

지운에서 A B C의 peak가 생기는데 A B peak는 쌍극자 분극에 의한 것이며 $(T_b = 360K)$ 보다 고온에서 생긴다. C peak는 PET내의 가동이온의 거시적 변위에 의해서 생긴 이온공간 전하분극의 peak이다. PET의 표면 전위 측정결과에서 그 내부에는 정·부 두전하가 있으며 불평형 상태에서는 대전하지 않는 두전하 model이 있는것이 판명되었다.

바이스 전압에 의한 C peak의 시간포화 특성을 측정한 결과를 그림 3에 표시하였다.

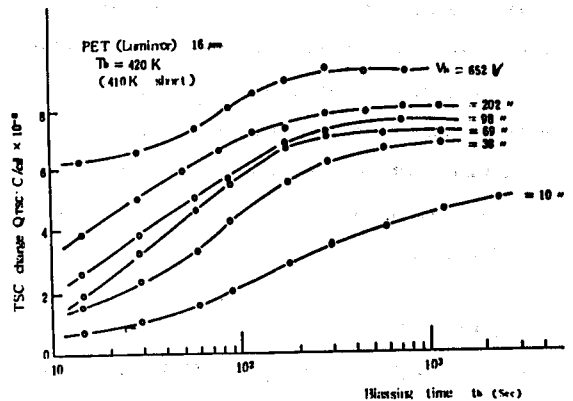


그림 3 C peak의 시간포화 특성
Fig. 3 The saturation characteristics of C peak time

C peak의 시간포화는 전압에 강하게 의존하며 전압증가로 분극 형성이 빨라지는 특성을 나타냈다. V_b 를 충분히 인가하여 충전시킨 TSC 측정에서는 TSC의 Leading edge에서 이온공간 전하분포가 그다지 변화되지 않는 범위에서 식(6)으로 표시되며 이동도가 구해졌다.

3-3 금속이온을 첨가한 PET의 계면특성

그림 4는 PET의 TSC이다. 진극금속으로 Au를 이용했는데 4개의 peak가 생겼다. 저온측에서 3개의 peak는 A B C peak에 대응한다. 고온측에서 생기는 D peak는 역시 가동이온이 원인⁸⁾이지만 C peak와 같이 공간전하분극에서의 탈분극에 의한것이 아니고 전압인가시에 C peak의 하전입자가 PET-전

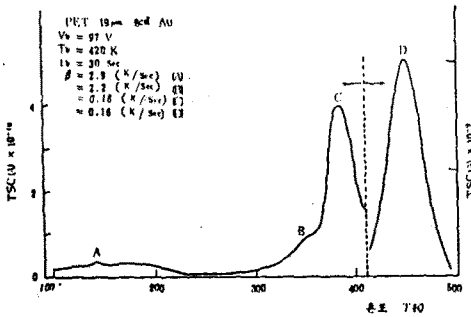


그림 4 PET의 TSC
Fig. 4 TSC of PET

극계면에서 중성화되어 단락 승온시에 재이온화되어 발생한 것이다.

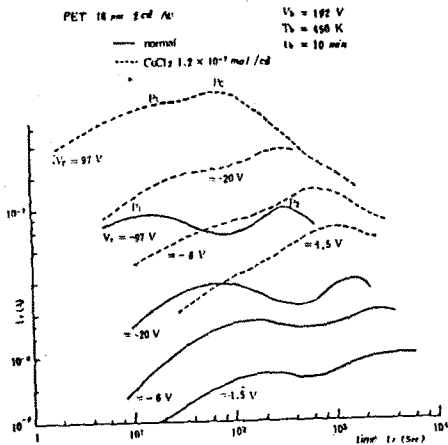


그림 5 극성변전특성
Fig. 5 The characteristics of polarity inverse current

그림 5는 가동이온이 PET 전극계면에서 중성화하는 바이스 조건으로 일정한 충전율한 후 반전전압 V_b 를 인가한 반전전류 곡선이다. 이 특성은 단일의 가동이온 이동특성이 아니고 중성입자가 재이온화 해서 가동이온으로 되어 이동하여 대향전극에서 재차 중성화하는 특성을 모두 함유하고 있다.⁷⁾

4. 결론

PET 중의 가동이온의 거동에 대해서 TSC에서 이동도를 구하여 실험결과와 비교하고 여러가지 금속이온으로 오염시켜 가동이온을 증가시킨 경우 중성화동의 계면현상 특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 이온공간 전하분극의 TSC에 대해서 해석하여 TSC의 Leading edge에서 이온의 이동도를 구하였다.

2. 420 K 부근에서 생기는 TSC peak가

위 해석과 잘 맞았으므로 PET 중의 가동이온 이동도를 구하면 $(400 K) = 1 \times 10^{11} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 되어 다른 측정법에서와 같았다.

3. PET의 극성반전전류 특성은 가동이온의 중성화가 율속과정은 중성화된 입자의 재이온화가 작용하였다.

4. 재이온화에 필요한 활성화 energy는 고온이 되어감에 따라 일정값 (1.2 eV)로 수축되며 그 수축치는 해리하는 중성입자에 따르지 않고 전극금속에 의존 되었다.

참고문헌

1. 宮入: "高温領域に於けるポリエチレンテレフタレートの絶縁破壊" (田電氣学会論誌 103-A 203 (1982))
2. L.E. Amchorski: "Structural Dependence of the Electrical Conductivity of Polyethylene terephthalate" J Polym. Sci. 62:331 (1962)
3. 三宅, 中野: "特許公報" 昭32-6291 (240, 241)
4. 金子, 日野: "ポリエチレンテレフタレートの高温における極性反転電流特性" 昭54年電氣学会全口大会誌
5. H. Sasabe, K. Sawamura et al: Polymer J. 2 518 (1971)
6. 金子, 日野: "ポリエチレンテレフタレート中の空間電荷分極" (田電氣学会論誌 98-A 101 (1978))
7. 金子, 山下, 日野: "ポリエチレンテレフタレートの可動イオンの電極界面における中性化と再イオン化" (田電氣学会論誌 100-A 197 (1980))
8. 日野: "数極子または電子トラップからみた絶縁体の熱刺激電流の考察" (田電氣学会論誌 97-A 465 (1973))