

絶緣體-金屬界面에서 可動 이온의 中性화와 이온化
Neutralization and Ionization of movable ion
at insulator - metal interface

李 成 吉*
光州保健專門大學
Seong-gil Lee
Kwangju Health
Junior College

鞠 相 勳
朝鮮 大 學 校
Sang-Hoon Kook
Cho Sun University

(abstract)

From the study of mechanism of electrical conduction of film which is made from Polyethylene Terephthalate at very high temperature which is larger than low electric field and glass transition point, we find that there is a extraordinary non ohmic region ($I \propto V^n$, $0 < n < 1$) at I-V Characteristics.

To use of thermally stimulated measurement, the mechanism can be explained as a result of investigation of mechanism of electric Condition, as follow.

Ionic drift in the Bulk → Ionic neutralization at the interface → Diffusion of neutral ions in the Bulk → Reionigation Model.

From the calculation on this model, we know that this model is well filled with experiment.

I. 緒 論

최근 合成化學의 발달에 따라 급속히 출현된 有機合成 高分子 化合物은 電氣絶緣材料에 많이 이용 되고 있다. 이들은 일반적으로 극히 높은 抵抗率과 작은 誘電正接을 갖으며 그 양호한 성질과 어울려 대단히 우수한 誘電材料라 할 수 있다. 그러나 이 高分子 材料에 대한 電氣傳導機構의 이해는 충분하지 못하며 低電界 glass 轉移點 보다 높은 온도에서

電氣傳導는 이온 粒子를 케리어로 생각하지만 이에 대한 보고는 그다지 되지 않고 있으며 많은 연구자의 중요한 과제이다.

이와같은 有機 高分子 材料는 제조과정에서 混入觸媒의 殘渣에 의한 불순물 이온^{1,2)} 등의 이온 粒子가 이온성 電氣傳導機構³⁻⁷⁾의 가능성이 있지만 여기에 보고는 많지 않다.

본 연구는 수 십 (kv/cm) 이하의 저전계, 글래스 轉移點보다 대단히 높은 450 K 이상의 온도에서 증착전극으로된 금속과 界面을 갖는 polyethylene terephthalate (PET) 필름의 고온에 있어서 전기 전도 현상을 관측하여 전류-전압 특성이 특이한 非 ohm 측 ($I \propto V^n$, $0 < n < 1$)을 나타내는 영역을 검토 하였고 熱刺戟測定으로 이 영역에서 전기전도기구를 檢討한 결과 Bulk 중 확산, 再이온化라는 모델을 얻어 그 기구에 대해서 해석 하였으며 다시 이 모델을 근거로 간단한 계산을 하여 이 모델의 실측값과 잘 일치 하였으며 이 해석으로 高分子중의 이동도 등의 定數를 얻을 수 있다.

II. 시료 및 측정 방법

1. 시 료

시료는 두께 19 (μm)(mylar)의 polyethylene terephthalate film의 양면에 전극으로 Al 을 진공 증착 한 것이다. PET의 表面을 알코올로 세척한 후 10^{-6} (Torr) 정도의 진공 중에서 Al 을 양면에 증착시켜 전극으로 하였다.

상부 전극은 8㎠이고 하부 전극은 12.6㎠이고 그 모양은 그림 1과 같다.

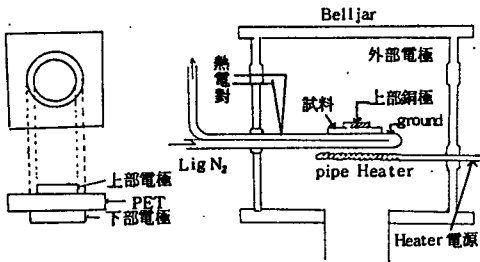


그림 1. 試料의 電極 및 Belljar의 모양
Electrode of sample and picture of Belljar.

시료의 비유전율 $\epsilon_r = 3.2$, 면적 $S = 8$ ㎠ 두께 $\pm d = 19(\mu\text{m})$ 로 하여 이 시료의 기하용량을 계산하면 $\text{Cap} = 1192(\text{PF})$ 이다.

측정할때 시료와 전극 간에는 진공용 도전도료를 발라 전도성을 좋게 하였다. 시료는 온도 제어가 잘 되도록 진공 용기 중 (10^{-5} Torr 정도)에 넣고 측정 하였다. 진공 용기 내의 시료 가열용 Heater 전원은 잡음을 막기 위해 직류 안정화 전원을 썼으며 인가전원도 전지를 사용 하였다. 또 시료의 냉각은 액체 질소로 하였으며 히터 전압을 가변하여 임의의 승온 속도로 승온시켜 시료 온도 77 K ~ 505 K까지 제어 할 수가 있다.

III. 측정결과 및 고찰

1. 고온 영역의 V - I 특성

Step up법에 의한 전압-전류 특성은 그림 2와 같이 3개 영역으로 구별 할 수 있다.

① 영역 (저전계) : 전압 2 V ($5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^4$ V/m)에서 $I \propto V$ 의 ohm 특성

② 영역 (중간전계) : 2 ~ 100 V 이상 ($5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^6$ V/m)에서 $I \propto V^n$ ($0 < n < 1$)의 ohm측 이하의 전류 증가를 나타내는 특이한 非 ohm 특성이다.

III영역 (고전계) : 100 V 이상 (5×10^6 이상) $I \propto V^n$ ($n > 1$)의 standing up 특성이다. 3영역의 구분러짐은 저온 (T_g 이상) 일수

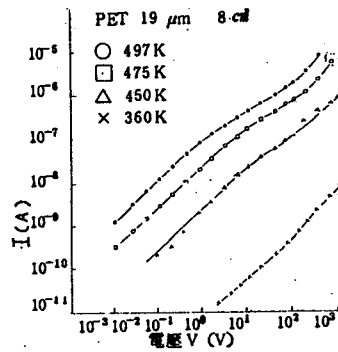


그림 2. PET의 고온에서 電流-電壓特性
I-V Character of PET at high Temperature

특 확실하고 T_g 이하 온도 영역에서는 ohm측이하 (sublinear) 특성은 없고 넓은 전계 영역에서 ohm측이 되고 고전계에서 전계가 약간 standing up 하는 T_g 이상 온도 영역과는 전혀 다른 특성은 나타 났다. 이것은 고온에서 PET의 전기 전도 특성이 이온성 전도가 지배하고 있다.

2. 충전전류 및 TSC 시간 특성

저전계 영역의 $V_b = 0.2$ V, 중간 영역의 $V_b = 9.6$ V, 고전계 영역의 $V_b = 175$ V의 TSC peak의 시간 특성을 그림 3(a)(b)에 표시 하였다. 3 영역에서 270 K ~ 505 K에서는 BC BC 이외의 peak는 없고 저전계와 중간 전계 영역에서의 TSC는 D peak만 기록하고 다른 peak는 생략 하였다. 이것은 D peak의 전하량에 비해 다른것은 무시할 만큼 작기 때문이다.

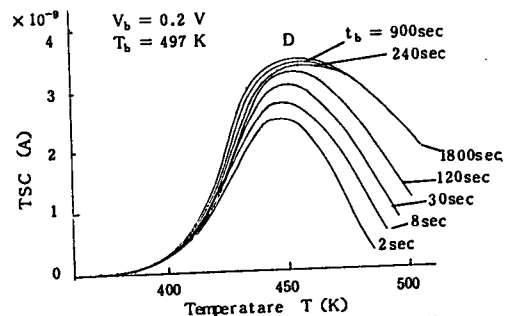


그림 3-a. 低電界에서 TSC D Peak의 時間特性
Time character of TSC D peak at low electric field

D_1 는 4 초에 생기었으며 시간 경과와 더불어 감소하여 일정한 값으로 된다.

D_2 는 서서히 증가하여 포화한다. 또 저온 C peak는 시간과 더불어 감소되어 완전히 소멸된다.

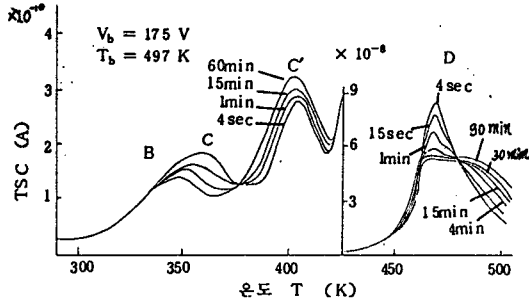


그림 3-b. 高電界에서 TSC peak의 時間特性
Time character of TSC peak at high electric field.

3. TSC 전하량의 인가 전압 특성

그림 4은 TSC peak의 인가전압 의존 특성을 나타내는데 전계 영역의 $V_b = 0.8 V$ 때는 C peak는 생기지 않고 D peak만이 생긴다. D peak는 인가전압에 의존하며 저온에서 생기는 D_1 peak에서 고온에서 생기는 D_2 peak로 연속 이행되는 것이 관찰되었다. 또 C' peak는 100 V 이상에서 나타났다.

4. I - V, $Q_D - Q_V$ 특성의 온도 의존성

그림 14는 각 영역의 활성화 energy인데 $V_b = 0.1 V, 10 V, 300 V$ 의 온도 의존성을 조사하였다. II, III 영역에서는 거의 같은 1.2 eV 이고 I 영역에서는 1.5 eV 인데 1.2 eV는 다음에 논의하는 D_2 나 전압을 인가하지 않아도 흐르는 단락전류의 활성화 에너지와 거의 같다.

5. D_1 peak 및 D_2 peak

본 연구에서 D_1 peak의 분화, 즉 D_1, D_2 peak의 발생 및 D_1 peak에서 D_2 peak로 서 전하 이동이 연속적 관측되어 그 현상이 명확해졌다.

① 저전압 인가 ($V_b < 10 V$) 때는 450 K 부근에 단일의 D peak가 생긴다. 이 peak의 전하량은 인가전압의 증가에 의존하며 선형으로 증가하여 고온측으로 이행한다.

② 인가전압이 10V 이상이 되면 ①에서

기술한 peak의 고온측 slope의 일부(480 K 부근)에 새로운 peak가 발생한다. 저온측 peak를 D_1 , 고온측 peak를 D_2 라 한다.

IV. 결 론

본 연구에서는 증착 전극을 갖는 PET film의 고온에서 전류-전압 특성을 측정하여 그 전기 전로 기구를 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 증착전극을 갖는 PET film은 450 K 이상의 고온에서 전류-전압 특성은 $I \propto V^n$ ($0 < n < 1$)로 표시되는 특이한 non-ohm 영역이 있는 것을 확인하였다.

② 이 non-ohm 영역은 이온의 계면에서 中和가 그 원인이 되는 480 K 부근에 생기는 대단히 큰 TSC peak와 대응하고 있는 것이 확실하다.

③ 可動 이온의 계면에서 中和, 中和된 粒子的 확산에 의한 移動 및 再이온化 周期性을 갖은 이온의 거동을 고려한 model을 만들어 전류-전압 특성을 고려하였다.

④ 상기 ③ model에 의해서 ①의 측정 결과로부터 이온의 이동도를 포함한 擴散定數, 이온化率 등의 정수를 계산할 수 있다.

⑤ TSC測定은 절연체중의 電荷 운송기구의 해명을 위한 대단히 유효한 수단인 것을 알았다.

참 고 문 헌

1. L.E.Amborski: J. poly. Sci. 62. 331(1962)
2. H. Sasabe et al: Polymer. T. 2. 518(1971)
3. 三宅, 中西: 特許公報 6291(1958)
4. 金子, 日野: 電氣學會論文誌(II)98-A. 101(1978)
5. 金子山下, 日野: 電氣學會論文誌(II)100-A. 197(1980)
6. 金子, 日野: 高分子論文集(II)36. 659(1979)
7. 金子, 日野: 電氣學會論文誌(II)101-A. 117(1981)
8. 大石他: 誘電體現象論 오름社(1979)
9. 中村, 沢, 家田他: 제10회 絶緣材料: シンポジウムIII-1, 175(1977)
10. H.Sasab.k, Sawamura et al: Polymer. J. 2. 518(1971)
11. T.Tanake et al: "Thermally depolarization Current study of polyprymellitide" J. Appl. Phys. Vol.49, No.2, pp.784 ~ 787(1978)