

PET 熱일렉트렛트의 熱刺戟電流

Thermally Stimulated Current of Polyethylene Terephthalate Thermoelectret

論	文
30~8~3	

李 德 出* · 秦 慶 市**
(Deok-Chool Lee, Kyoung-Si Jin)

Abstract

Thermally stimulated currents have been obtained from five kinds of polymer electrets. The peak current (I_m) and the peak temperature (T_m) of the TSC, particularly at PET thermoelectret, were found to depend on the forming field and the forming temperature. From these experimental results, the TSC spectra can be easily explained by the consideration of the disorientation of dipoles related with glass transition temperature. The obtained results can suggest that the forming field and the forming temperature plays an essential role for charge stability in PET thermoelectrets.

I. 서 론

최근 高分子 필름을 加熱시킨 상태에서 直流高電壓을 일정시간 印加한 후 室溫으로 냉각시키는 간단한 조작만으로 반영구적 電荷를 발생시킬 수 있는 高分子일렉트렛트(Electret)가 출현하게 되었다. 일렉트렛트로부터 電流를 얻으려는 것은 無理이지만, 直流電壓을 용이하게 취할 수 있어서 音響機器로부터 空氣淨和器등 여러 分野에 까지 利用하게 되어 工業적으로 중요한 位置를 점유하게 되었다.

高分子 物質構成에 의하여 여러가지 특성을 나타내는 高分子材料는 高分子材料內 電荷의 生成기구를 위시하여 電荷축적등에 대한 諸現象이 여러 요인에 따라 복잡하게 변화하기 때문에 일렉트렛트가 발견되고 나서 오래전 부터 많은 연구자들에 의하여 활발한 연구가 수행되어 왔으나 오늘날까지 완전한 기구해석이 정립되어 있지 않은 듯하다. 최근 TSC축적 수단을 利用하여 高分子內 트랩핑 파라미터의 해석⁽¹⁾⁽²⁾ 및 쌍극자의 緩和과정⁽³⁾에 대한 검토가 이루어지고 있으며 특히 폴리에틸렌 테레프타레트(PET)의 TSC는 많은 연구보

고⁽⁴⁾⁽⁷⁾가 제시되고 있으나 일렉트렛트의 作成조건에 의하여 각각 다른 결과가 제시되고 있다. 이를테면 誘電測定에서 관측되는 β 分散영역(-100°C 부근)에서의 TSC는 대체로 일치하는 것으로 보이나 室溫이상의 TSC에서는 쌍극자에 의한 것인가 이온 또는 電子에 의한 것인가 不明한 點이 많이 있는 듯하다.

본 연구에서는 무극성과 유극성 고분자 熱일렉트렛트의 특성으로 부터 헤테로 전하가 TSC에 지배적으로 작용하고 있는 유극성 고분자를 시료로 택하고 熱일렉트렛트 形成조건을 변화시키면서 실온이상에서 TSC를 측정 한 결과 일렉트렛트의 특성이 유리천이온도(T_g)에 많은 관련이 있고 본 연구의 실험조건에서는 TSC폭선은 쌍극자에 기인할 것으로 추정되고 이는 原 PET의 TSC 형성시간 및 전극재료 의존성의 측면으로도 지지할 수 있었다.

II. 관련理論

본 연구 결과의 이해를 돕기 위하여 쌍극자에 의한 TSC⁽³⁾⁽⁶⁾⁽⁸⁾를 소개하여 둔다. 헤테로電荷를 발생시키는 分極 $p(t)$ 는 임의 온도 T 에서 單一緩和時間 τ 로 감쇠하는 경우 즉, $p(t)$ 의 時間變化가

$$\frac{dp(t)}{dt} = -\frac{p(t)}{\tau(t)} \quad (1)$$

*正會員: 仁荷大 工大 電氣工學科 教授 · 工博(在日中)

**正會員: 蔚山工業專門大學 電氣科 助教授

接受日字: 1981年 7月 13日

일렉트렛트가 온도상승되면 τ 가 온도 T 의 함수로 되며 T 는 時間 t 와 함께 변화한다. 그러므로 (1)式을 적분하면 (2)式으로 된다.

$$P = p_0 \exp\left(-\int \frac{dt}{\tau}\right) \quad (2)$$

여기서 p_0 는 t_0 에서 分極의 初期值이다. TSC 測定에서는 분극형성 온도 T_f 에서 분극형성전계 E_f 를 인가하고 충분히 正常值에 도달한 후 이를 냉각시켜 凍結하므로 냉각할 때의 변화를 무시하고 동시에 等方的이라고 가정하면

$$P_0 = N\mu \left(\coth \frac{\mu E_f}{k T_f} - \frac{k T_f}{\mu E_f} \right) \equiv N\mu L \left(\frac{\mu E_f}{k T_f} \right) \quad (3)$$

여기서,

- N : 단위체적중의 쌍극자수
- μ : 쌍극자 모멘트
- k : 볼츠만 상수
- L : Langevin 계수

일반적으로 $\frac{\mu E_f}{k T_f} \ll 1$ 이므로, (3)式은 (4)式으로 近似된다⁽⁶⁾.

$$P_0 \approx \frac{N\mu^2 E_f}{3k T_f} \quad (4)$$

分極의 解放에 의한 TSC密度 $J(T)$ 는 (5)式으로 표시된다.

$$J(T) = -\frac{dP(t)}{dt} = \frac{p_0}{\tau} \exp\left(-\int \frac{dt}{\tau(t)}\right) \quad (5)$$

緩和時間 $\tau(t)$ 는 活性化에너지를 H 라하면 (6)式으로 표시된다.

$$\tau(t) = \tau_0 \exp \frac{H}{kT} \quad (6)$$

시료는 일정한 승온속도 β 로 가열되므로 T 는 (7)式으로 표시된다.

$$T = T_0 + \beta t \quad (7)$$

여기서,

- T_0 : 昇溫開始時의 初期溫度
- t : 昇溫開始後의 경과시간

(5)式에 (6)式과 (7)式을 代入하면 (8)式으로 된다.

$$J(T) = \frac{N\mu^2 E_f}{3k T_f \tau_0} \exp\left\{-\frac{H}{kT} - \frac{1}{\tau_0 \beta} \int_{T_0}^T \exp\left(-\frac{H}{kT}\right) dT\right\} \quad (8)$$

(8)式에서 單一緩和의 쌍극자에 의한 TSC는 N 및 E_f 에 비례함을 알 수 있다. 縮小時間에 分布하는 경우에는 各 單一緩和에 의한 TSC의 疊으로 생각되며 역시 E_f 에 비례하는 식⁽⁶⁾을 유도할 수 있다.

III. 실험

(a) 시료 및 전극계

본 실험에 사용한 高分子試料은 무극성系인 LDPE, (25 μ m), HDPE(25 μ m)와 유극성系인 PET, Nylon 6 (21 μ m), PVDF(18 μ m)이나 물리적, 화학적 성질이 넓게 연구되어 있고 전기적 특성도 잘 알려져 있는 PET (25 μ m, 日本 TOREI 社製)를 주로 시료로 택하였다. 이의 물리적 특성을 表 1, 화학구조를 그림 1에 각각 나타내었고, 필요에 따라 무극성과의 비교를 위하여 폴리에틸렌(PE)도 시료로 택하였다.

전극으로서는 主로 고분자 필름狀 兩面에 日本 서진상사(du pont)製 silver paste를 도포하였고 전극의 조성 을 보기 위하여 美國 NRC 3115(Varian) 社製의 진공 증착기를 사용하여 99.99%인 Al과 99.999%인 Cu를 시료 兩面에 증착시켰으며 上部電極의 직경은 2.3cm,

Table 1. Sample description

Melting point	250°C
Specific gravity	1.38
Water absorption	0.3%
Dielectric constant	3.2(25°C 60HZ)
Tan δ	0.02
Glass transition temp.	90°C

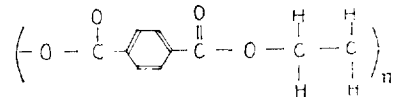


그림 1. PET의 분자구조

Fig. 1. Molecular structure of PET

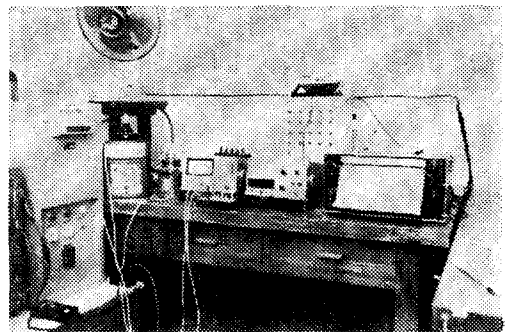


그림 2. 실험장치

Fig. 2. The experimental apparatus

주전극의 직경은 4.2cm로 하고 주전극 外側에는 보호환 전극을 설치하여 표면누설전류의 영향이 없도록 하였다.

(b) 실험장치

본 실험에 사용한 장치는 사진으로 그림 2에 표시하였으며 미소전류측정은 日本 TAKEDA社製의 일렉트로메터를 사용하였고 定電壓源은 영국 FOSTER製(入力 96~124V, 出力 110±0.5%) 기록계는 美國 HEWLETT PACKARD社製, 그리고 온도프로그램 조절기는 日本 CHINO社製로써 승온속도 β 를 쉽게 가변시킬 수 있어 온도제어가 용이하였다. 그리고 고온영역에서 시료에 고전계를 일정시간 인가하는 경우 시료가 일렉트렛 형성중 절연과파괴가 자주 일어났기 때문에 고분자내 void가 없는 시료를 택하기 위하여 90cm×60cm인 상자내 20W 형광등 2개를 설치한 시료선별상자를 제작 이를 이용하였다. 일렉트렛 제작시의 개략도와 TSC측정시의 개략도를 그림 3에 도시하였다.

(c) 실험방법

시료·제작 및 TSC를 측정하는 실험과정의 개략도를 그림 3에 도시한 바와 같이 선별된 시료의 양면에 전극계를 형성하고 이를 항온조 내에 넣어 일렉트렛 형성온도(T_f)에 설정시킨다.

시료가 T_f 에 충분히 도달하고 나서 약 10분 유지시켰다가 일렉트렛 형성전계 E_f 를 형성시간 t_f 동안 印加한 후에 항온조의 전열부를 끊고 E_f 를 인가한 채로 선풍기를 이용하여 T_f 에서 실온까지 냉각시킨다. 시료가 냉각된 후 시료의 兩端을 단락하고 그 상태에서 10분간 경과한 후 프로그램 온도제어기에 의하여 일정한 속도 β 로 승온시키면서 TSC를 측정한다.

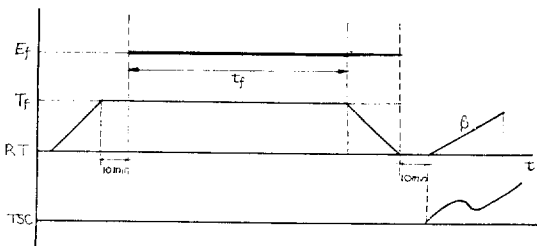


그림 3. 실험방법의 개략도
Fig. 3. Block diagram of experimental method

IV. 실험결과 및 고찰

(1) 典型的인 高分子 Electret의 열자극전류(TSC)

TSC의 방향은 일렉트렛을 형성시킬때 인가하는 E_f 의 극성으로 흐르는 전류의 방향과 같은 방향으로 TSC 측정시에 흐르는 전류를 正의 방향으로 정하고 이와 반대인 경우를 負의 방향으로 결정하였다.

LDPE, HDPE, Nylon 6, PET 및 PVDF등 5가지 高分子의 양면에 silver paste를 도포한 후 $T_f=80^\circ\text{C}$, $E_f=400\text{kv/cm}$, $t_f=60\text{min}$ 의 조건으로 제작한 熱 Electret를 실온에서 $\beta=1^\circ\text{C/min}$ 인 승온속도로 측정할 TSC를 그림 4에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같

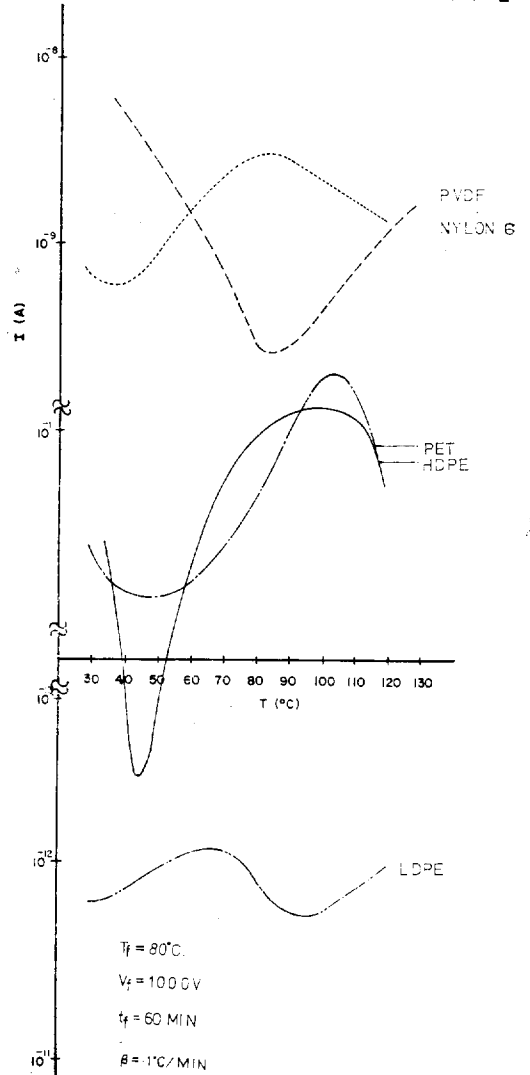


그림 4. 전형적인 고분자 일렉트렛의 TSC
Fig. 4. Typical TSC curves of polymer electrets

이 똑같은 조건하에서 무극성과 유극성 고분자 사이에 전류의 방향과 크기에 현저히 차이가 있음을 알 수 있다.

LDPE(25 μ m)에서는 TSC의 방향이 E_f 의 극성과 같은 방향으로 전류가 흐르고 PET에서는 이와는 반대 현상이다. 이로 부터 LDPE에서와 PET에서의 TSC는 다른 機構로 해석되어야 함을 알 수 있다. LDPE에서는 전극으로부터의 電荷注入에 의한 Homocharge에 起因하고 PET에서는 이와는 달리 Heterocharge에 起因하는 것이 지배적이라는것을 추정할 수 있다. LDPE에서도 E_f 를 적게 하는 경우에는 PET와 같은 특성이 나타남을 관측하였으나, 매우 적은 값을 나타내었다. 이로부터 무극성 고분자는 熱일렉트렛트로 형성되기 어렵다는 보고(9)를 인용 해석한다면 쉽게 이해할 수 있다. Heterocharge가 크게 역할을 하는 유극성 고분자의 일렉트렛트특성을 검토하기 위하여 이하 그 물성의 규명이 잘된 PET에 대해서만 실험목적에 의거 고찰하기로 한다.

(2) 형성전계 E_f 의 의존성

TSC가 雙極子에 의한 것인가 電子 Trap에 의한 것인가를 판단하는 것은 TSC의 解析을 수행하는 데 중요하다. $T_f=80^\circ\text{C}$, $t_f=60\text{min}$ 으로 정하고 E_f 를 8kv/cm~520kv/cm로 변화시켜 TSC를 測定한 것이 그림 5이다. E_f 가 8kv/cm~520kv/cm 범위에서는 피이크 p_1 의 최대치 I_m 은 E_f 에 비례하는 경향이 있다. 그리고 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g) 이상

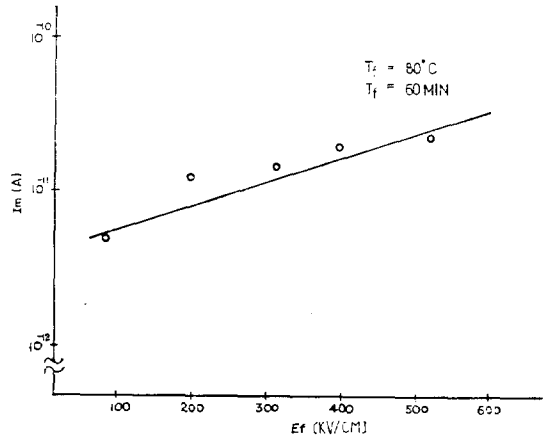


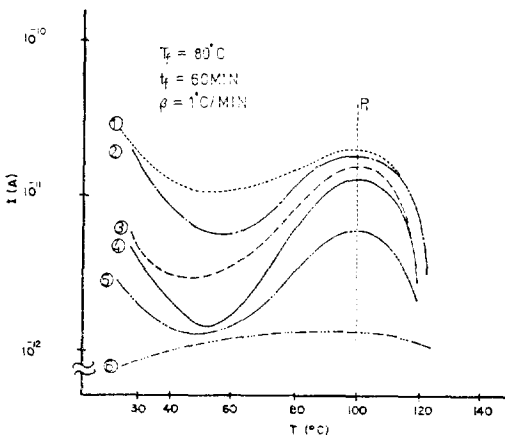
그림 6. 피이크 p_1 에 대한 피이크 전류 I_m 과 E_f 관계
Fig. 6. Relation between the forming field and the max current for the peak p_1

인 $T_f=140^\circ\text{C}$, $t_f=60\text{min}$ 으로 정하고 E_f 를 변화시켰을 경우 피이크 p_1 를 測定하였다더니 역시 I_m 은 E_f 에 비례하는 경향으로 관측되었다. 단지 피이크 p_1 이 나타나는 溫度가 變位되고 있음을 알 수 있었다. 그림 5에서 E_f 와 피이크 p_1 에서의 전류최대치 I_m 의 관계를 그림 6에 도시하였다. 相關理論에서의 식(8)은 單一緩和系의 TSC를 나타내는 것으로 E_f 에 비례하고 있음을 표시하므로 그림 6에 나타난 결과는 이를 만족하고 있음으로 피이크 p_1 는 쌍극자의 脫分極(depolarization)에 의하여 나타날 가능성이 있음을 시사한다.

케리아의 注入이 있는 가 없는가를 검토하기 위하여 쌍극자가 비교적 배향하기 어려운 低溫영역 즉 $T_f=40^\circ\text{C}$, 高電界를 인가하여 일렉트렛트를 형성하고 이들 시료로부터 관측된 TSC는 $T_f=80^\circ\text{C}$ 에서의 TSC와 같은 正의 方向으로 크게 흐르고 있기 때문에 본 실험조건에서는 케리아의 注入은 생각하기 어렵다. 이 결과는 Lilly(4)의 실험결과를 보면 실온에서 $E_f=800\text{kv/cm}$ 이상의 전계로 형성한 시료로부터 관측된 TSC의 피이크는 케리아가 注入된 영향이라는 것을 인용한다면 본 실험의 조건에서는 注入이 없었으리라는 것을 인정할 수 있다.

(3) 原 PET의 TSC

유극성 고분자인 경우 高電界勵起의 熱일렉트렛트를 형성하면 쌍극자의 기여가 지배적이어서 케리아의 미소注入이나 트랩프의 정보가 숨어지기 쉬운 경우가 있



- ① : $E_f=520\text{kv/cm}$, ② : $E_f=400\text{kv/cm}$ ③ : $E_f=320\text{kv/cm}$
- ④ : $E_f=200\text{kv/cm}$ ⑤ : $E_f=80\text{kv/cm}$ ⑥ : $E_f=8\text{kv/cm}$

그림 5. TSC의 형성전계 의존성
Fig. 5. Dependence of the TSC on the forming field

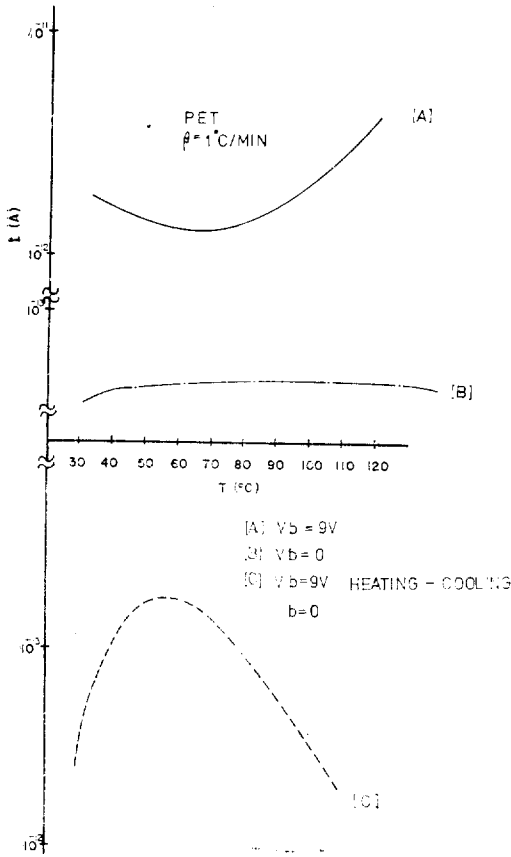


그림 7. 原 PET의 열자극 전류
Fig. 7. TSC from non treated PET

을 것이기에 이를 분리 확인하기 위한 수단으로 다음의 실험방법으로 검토하여 보았다.

原 PET인 미처리 시료를 단락회로 상태 ($V_b=0$)로서 일정한 승온율 β 로 온도를 상승시킬때, 관측된 TSC를 그림 7-A에 도시하였고 또한 原 PET에 $V_b=9V$ 를 인가하면서 관측된 TSC는 그림 7-B에 도시하였다. 이 시료(그림 7-B의 시료)를 高温에서 실온으로 V_b 를 인가한 채로 식힌 후 V_b 를 제거하고 단락시킨 상태로 재차 온도를 일정한 승온율 β 로 올리면서 관측된 TSC는 그림 7-C에 도시하였다.

이로부터 原 PET의 단락시 TSC는 매우 적으나 V_b 를 인가한 경우의 TSC는 비교적 크게 나타나고 그 방향은 V_b 의 극성방향이다.

그림 7-A 곡선은 고분자 成形加工時 延伸등으로 인하여 도입된 쌍극자의 배향에 관계한 脫分極 電流로 볼 수 있고 $V_b=9V$ 를 인가하면 $V_b=0$ 에 비하여 현저히

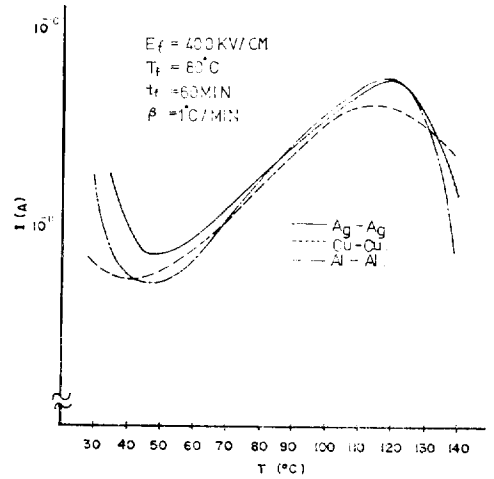


그림 8. TSC의 전극재료 의존성
Fig. 8. Dependence of the TSC on the electrode materials

큰 TSC를 나타내는 것은 V_b 인가로 말미암아 不平衡으로 配向되었던 쌍극자에 기인한 전류라 추정되고 그림 7-C의 곡선은 이들 쌍극자에 의한 脫分極 전류임을 알 수 있다.

이러한 特性이 있었기 때문에 TSC의 再現성에 다소 영향을 줄 것으로 보였다. 그리고 본 연구의 실험조건으로 형성된 시료의 TSC곡선에는 케리아의 주입은 무시할 수 있고 실험조건에 의존하는 쌍극자의 영향이 지배적이라는 사실을 지지할 수 있다.

(4) 전극재료의 영향

PET 양면에 Al를 증착한 Al-PET-Al系와 Cu를 증착한 Cu-PET-Cu系를 $E_f=400kv/cm$ $T_f=80°C$, $t_f=60min$ 로 하여 形成한 일렉트렛트로부터 얻은 TSC를 silver paste를 도포한 것과 비교한 것을 그림 8에 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 TSC의 스펙트럼은 거의 동일하고 피크 ω_1 의 크기 및 위치에도 거의 변화가 없음을 알았다.

전극조건에 의하여 케리아가 注入하기 쉬운 경우가 있다 라는 보고⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾들이 있을 뿐만 아니라 注入된 케리아에 의하여 관측되는 TSC로 전극조건에 의하여 현저히 다른 특성을 보인다는 보고⁽¹⁰⁾⁽¹³⁾ 중에는 쌍극자에 의한 TSC는 거의 전극재료의 영향을 받지 않는다는 결과가 있다. 이러한 사실로부터 그림 8의 결과는 VI-3항에서 케리아의 注入이 없다는 측정과 IV-2항에서 TSC는 쌍극자의 脫分極에 의한 것이라는 사실을 재확인 할 수 있었다.

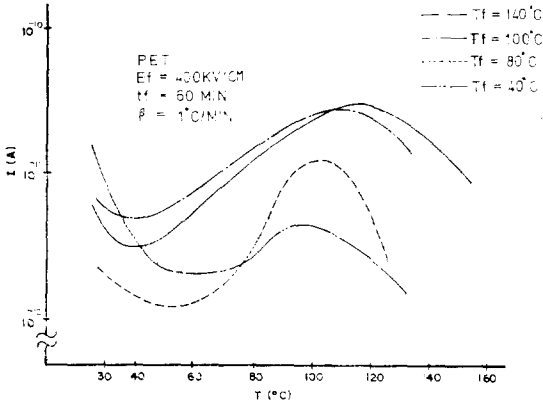


그림 9. TSC의 형성온도 의존성
 Fig. 9. Dependence of the TSC on the forming temp.

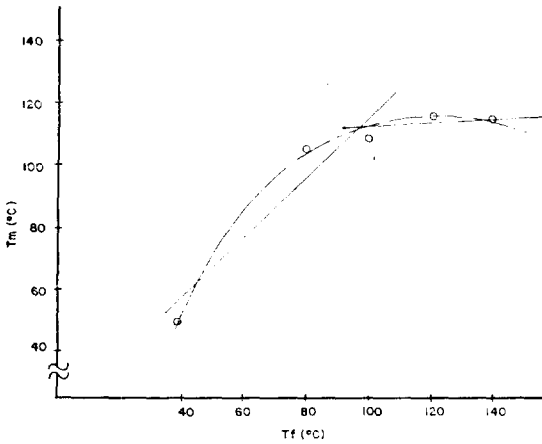


그림 10. 피이크 p_1 에 대한 T_m 과 T_f 관계
 Fig. 10. Relation between the forming temp. and the temp. of the max current in the TSC for peak p_1

(5) T_f 의 영향

$E_f=400kv/cm$, $t_f=60min$ 으로 일정하게 설정하여 두고 형성온도 T_f 를 $40^\circ C \sim 140^\circ C$ 까지 변화시켜 일렉트렛트를 형성하고 이들 시료로부터 측정된 TSC를 그림 9에 도시하였다. 그림 5에서는 형성온도 T_f 가 일정하므로 피이크 p_1 이 나타나는 위치 즉 온도 T_m 는 거의 일정하였으나 T_f 를 변화시키면 그림 9에서 처럼 피이크 p_1 이 나타나는 온도 T_m 과 그때의 최대 전류 I_m 의 크기는 변화가 있음을 알 수 있다. T_f 와 T_m 의 관계를 그림 10에 그리고 T_f 와 I_m 의 관계를 그림 11에 도시하였다. T_f 가 유리전이온도(T_g) 근처까지는 T_f 의 상

승과 더불어 I_m 는 증가하나 이 이상의 온도(본 연구에서는 약 $120^\circ C$ 이상)로 되면 I_m 의 크기는 평평하게 되는 경향이 있다. 결국 유리전이온도 T_g 이하의 T_f 에서는 마이크로 브라운 운동(micro-Brown motion)이凍結되므로 I_m 가 감소하게 되는 것으로 추정된다. 이는 T_f 가 유리전이온도 T_g 이상에서는 T_m 가 T_f 에 의존치 않고 일정한 경향이 있으나, T_f 가 $90^\circ C$ 이하에서는 T_m 는 T_f 의 저하와 더불어 감소한다는 결과로 부터도 I_m 가 T_g 에 관련한 分子鎖의 마이크로 브라운 운동에 의한 것이라는 추정을 지지한다.

TSC의 피이크 p_1 이 나타나는 위치는 형성온도 T_f 부근에 나타나고 있는 듯 하다. TSC의 피이크는 분자운동과 밀접한 관계가 있다라는 보고⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾와 대체적으로 일치한다. 반면에 다른 연구자⁽¹⁴⁾들이 보고한 실험 결과와는 차이가 있는 현상 즉 실온이상에서 한개의 피이크와 결정분산에는 아무 영향없이 T_m 이 T_f 에 의존하는 현상이 관측되었다.

본 실험의 조건으로 일렉트렛트 형성시 加熱에 의하여 불순물 이온의 미시적 변위 또는 結晶의 부분적 용해가 T_f 에서 일어나 냉각의 과정에서 이들 이온들이 結晶內 또는 結晶界面에 불감혀 고정되어 있다가 재차 온도를 올리면 결정의 용해와 동시에 이들의 이온이 형성온도 부근에서 放出되어 피이크 p_1 이 관측된다는 것도 고려해야 할 것으로 사료된다.

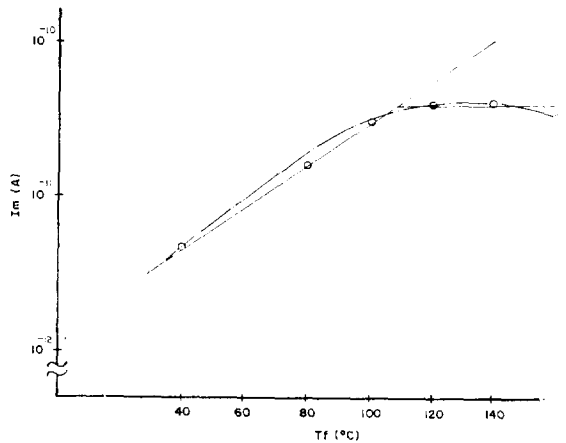


그림 11. 피이크 p_1 에 대한 I_m 과 T_f 관계
 Fig. 11. Relation between the forming temp. and the max current for the peak p_1

(6) t_f 의 의존성

형성온도 T_f 에 따라 TSC 특성에 차이가 있음을 그림 9로 관측되었으며 이 특성은 유리전이온도 T_g 에 관

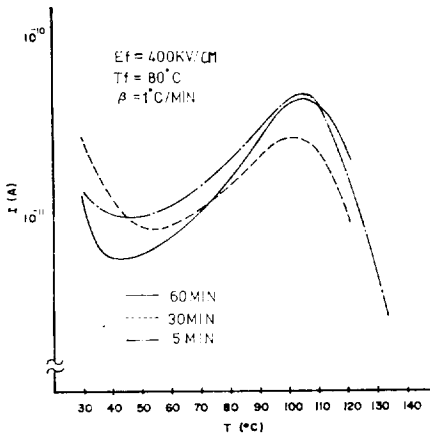


그림 12. TSC의 형성시간 의존성 ($T_f=80^\circ\text{C}$)
 Fig. 12. Dependence of the TSC on the forming time ($T_f=80^\circ\text{C}$)

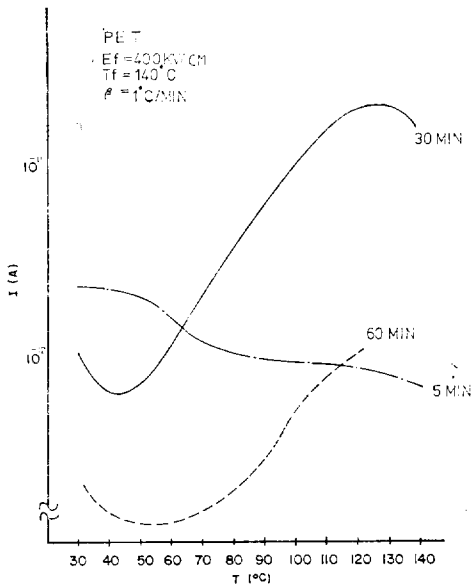


그림 13. TSC의 형성시간 의존성 ($T_f=140^\circ\text{C}$)
 Fig. 13. Dependence of the TSC on the forming time ($T_f=140^\circ\text{C}$)

현이 있음을 알았다.

이를 더욱 확인하기 위하여 $T_f=80^\circ\text{C}$, $E_f=400\text{kv/cm}$ 를 일정히 설정하고 형성시간 t_f 를 5~60min로 변화시켜 形成된 시료로부터의 TSC곡선을 그림 12에 도시하였다. 그리고 T_f 를 T_g 이상인 $T_f=140^\circ\text{C}$ 로 하고 $E_f=400\text{kv/cm}$ 를 일정히 설정하고 형성시간 t_f 를 역시 5~60min로 하였을때의 TSC곡선을 그림 13에 도시하였다. T_f 가 T_g 이상인 140°C 에서는 t_f 에 의존하

지 않으나 T_f 가 T_g 이하인 80°C 에서는 t_f 에 따라 TSC의 특성이 각각의 크기에는 이상한 점이 다소 있긴 하나 T_f 가 140°C 인 경우와는 현저한 차이가 있었다.

그림 12의 특성은 형성시간중 이동된 캐리어의 재트랩⁽¹⁶⁾과 단락초기의 감쇠과정⁽¹⁷⁾과 관련하여 흥미로운 과제라 생각된다. T_f 가 T_g 이상에서는 分子間에 液體的인 粘性力이 발생하고 粘彈性緩和現象에 기인한 것으로 그림 5의 피이크 p_1 이 쌍극자의 脫分極에 의한다고 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 結 論

실험결과와 고찰로부터 유극성 고분자와 무극성 고분자로 형성되는 熱일렉트렛트의 特性에서 현저한 차이가 있음을 관측하고 유극성 고분자인 폴리에틸렌 테레프타테트로 형성된 熱일렉트렛트가 본 實驗의 條件에서 측정된 TSC에는 실온이상에서 한개의 피이크가 존재하였고 이의 性質을 형성단계, 형성온도, 형성시간 및 전극재료의 영향으로부터 얻은 結果를 요약하면

1) 형성단계 E_f 가 $8\text{kv/cm} \sim 400\text{kv/cm}$ 의 영역에서는 TSC의 피이크 p_1 은 E_f 에 비례하였다.

이로부터 TSC는 캐리어 注入에 의한 것보다 雙極子에 주로 기인 한다는 것을 추정할 수 있었고 이 사실을 下記 사항의 결과로부터 지지될 수 있었다.

i) 高電界 미처리된 原 PET의 短絡時 TSC보다 미소바이아스 전압(V_b)을 印加時의 TSC가 현저히 크고 TSC의 방향이 V_b 의 극성으로 관측되었다.

ii) 高電界 미처리된 原 PET에 미소바이아스 전압(V_b)을 인가한 경우 TSC를 측정후 실온으로 냉각하고 미소바이아스 전압을 제거하고서 단락상태로 측정된 TSC는 일반적으로 나타나는 쌍극자 재배향의 전류이었고 이 방향은 高電界 인가 처리된 熱일렉트렛트와 같은 방향이었다.

iii) 전극재료를 silver paste, Al 및 Cu로 하였을 때의 TSC 스펙트라는 거의 동일하고 피이크 p_1 의 크기 및 위치에는 거의 변화가 없었다.

2) 熱일렉트렛트 형성조건을 동일하게 하고 형성온도 T_f 만을 변화시켰을때 측정된 TSC의 피이크는 다른 연구자들의 보고와는 다르게 실온 이상에서 피이크 한 개만이 존재 하였고 또한 피이크의 크기와 피이크가 나타나는 온도가 형성온도에 크게 영향이 있음이 관측되었다. 또한 이 현상은 형성온도(T_f)가 유리전이온도(T_g) 이하 혹은 이상의 온도영역인 가에 따라 차이가 있었다.

이로부터 TSC의 피이크는 (1)항의 쌍극자의 脫分極에 기인하고 한편 이것은 유리전이점에 관계하여 非晶

質 영역에서 主鎖의 마이크로 브라운 운동에 기인하는 것을 추정할 수 있었다.

이 사실은 下記 형성시간 의존성으로 지지 될 수 있었다.

i) 동일한 실험조건으로 형성온도 T_f 를 유리전이점 以下인 80°C로 하고 형성시간 t_f 를 10~60min 변화시켰을때 측정된 TSC특성은 t_f 의존성이 있었으나 T_f 를 140°C로 하였을 때에는 t_f 의존성은 볼 수 없었고 T_f 가 80°C와 140°C와의 사이에는 현저한 차이가 있었다.

이상과 같이 관측된 현상으로 부터 몇가지 결과를 제시 하였으나 실험조건에 따라 연구자 들로 부터 다른 보고가 있음을 감안할 때 아직도 현상적으로 재 정립하고 이론적으로 규명 해야할 과제가 많다고 사료되며 이들이 해결 되므로서 일렉트레트 현상의 安定化와 일렉트레트 제작수단에 도움이 될 것으로 믿어 마지 않는다. 끝으로 본 연구 수행에 많은 협조가 있는 대학원생 강병국조교에게 깊은 사의를 표하며 아울러 본 연구의 일부는 현대 연구활동조성비로 이루어 졌음을 부언하고 관계 당국에 사의를 표하는 바이다.

參 考 文 獻

[1] K.H. Nicholas et al; "The Evaluation of Electron Trapping Parameter from Conductivity Glow Curves in Cadmium Solphide," Brit. J.A.P Vol. 15 1964.

[2] D.G. Semak et al; "Determination of Parameter of Trapping Level from Curves of TSC under Photo Electret," Phy. State Sol. 7,8 1973.

[3] T. Hino et al; "A Method of Measurement of Distribution of the Relaxation Time of Dipole by TSC," I.E.E.J 93-A, 10 1973.

[4] A.C. Lilly, et al; "TSC in Mylar, High field Low-temperature, Case," J.A.P. 41,5 1970.

[5] A.C. Lilly et al; "TSC in Mylar, High-Temp, Low-field Case," J.A.P 41.5, 1970.

[6] R.A. Creswell et al; "Thermal Currents from Corona Charged Mylar," J.A.P. 41.6, 1970.

[7] Y. ASANO; "Characteristics of Polyethylene Terephthalate Electrets," Japan, Rea, Inst. Vol. 22. No. 1 1973.

[8] H. Fröhlich; "Theory of Dielectrics," Oxford at the Clarendon Press 1958.

[9] B. Gross; "Charge Storage in Solid Dielectrics," Elsevier, Amsterdam. 1963.

[10] T. HINO et al; "Consideration of TSC from Dipolar Polarization of Electron Trapping," Trans. I.E.E.J, 93-A, 11 1973.

[11] 李德出, 韓相玉; "合成 高分子 材料의 帶電現象에 관한 연구", 大韓電氣學會誌, 28-10-3 1979.

[12] 李準雄; "LDPE 일렉트레트에 있어서 캐리아의 性質과 트랩프깊이 해석", 大韓電氣學會誌, 29-8-1 1980.

[13] 李德出; "低電界영역에서 M_1 -P- M_2 형 高分子材料의 電氣傳導", 大韓電氣學會誌, 29-11-1 1980.

[14] T. Takamatsu et al; "Thermal Charge of Depolarization Current in Polymer Electrets." Polymer, J. 1, 1 1970.

[15] 李德出; "고전계인가처리된 HDPE의 열자극 전류", 大韓電氣學會誌, 27-3-1 1978.

[16] G.M. Sessler, et al; "Electric Field and Forces Due to Charged Dielectrics," J.A.P 43, 922, 1972.

[17] K. Ikezak, et al; "Temperature Dependence of Characteristics of Plastic Film Thermoelectrets," J. Electro Chem. Soc, 122, 10 1975.