

전력케이블용 가교폴리에틸렌의 공간전하 극성측정기술에 관한 연구

(A Study on the Space Charge Polarity Measurement Teasurement
Technology of Cross-Linked Polyethylene for Power Cable)

국상훈* · 서장수** · 김병인** · 박중순***

(Sang-Hoon Kook · Jang-Soo · Seo Byung-In Kim · Joong-Soon Park)

요 약

절연업체중에는 하전입자가 있어 이들이 전기전도에 기여하여 전기절연과피에 이르게 되는데 전기전도에 기여하는 하전입자와 하전입자에 의해서 가교폴리에틸렌내에 형성되는 공간전하를 온도구배열자극 전류법으로 극성판정을 하고 고전계의 인가로 생성되는 공간전하분포측정을 하였다.

그 결과 가교폴리에틸렌중의 A peak는 쌍극자분극에 기인하였고 C peak는 이온공간전하분극에 기인 하였으며 D peak는 주입트랩正孔(hole)이었다. 또 주입트랩캐리어의 극성판정이 가능하였으며 가교폴리에틸렌중의 캐리어트랩의 전자성 정공성 판별이 가능하였다.

저밀도 폴리에틸렌에 γ 을 照射한 것은 전자트랩이 관여하였고 시료내의 전계분포를 구할 수 있었으며 그 평가를 할 수 있었다.

Abstract

Charged particle in the polymers is supposed to affect the electrical conduction and to lead them th dielectrical breakdown finally.

So we measured the space charge distribution made by application of high electric field and evaluated the polarity of the charged particle affected on elelctrical conduction and space charge formed in the insulating materials by using temperature gradient thermally stimulated current measurement method(TG-TSC measurment).

As a result, In the cross-linked polyethylene, A-peak was caused from dipole polarization, C-peak was caused from ionic space charge polarization and D-peak was injected trap hole.

Also we found it possible th evaluate the polarity of injected trap carrier and eleltron(or hole) of

*正會員 : 조선대학교 공과대학 전기공학과

**正會員 : 송원전문대학 전기과

***正會員 : 목포해양전문대학

接受日字 : 1992年 6月 17日

carrier trap in the cross-linked polyethylene.

We found that γ -ray irradiated low density polyethylene had a relation to the electronic trap and we also could get the value of electric field distribution in the samples of which evaluation was available.

1. 序 論

최근 대용량 電力의 운용과 고전압화 경향은 필연적으로 관련 전기기기 電力 傳送의 超高電壓化 機能素子の 高集積化에 수반하여 전기절연재료로서 중요성이 높아지고 향상이 요망되고 있다. 또 기기의 초고전압화 소형화의 경향은 전기절연설계에 대해서 필연적으로 고전계 절연을 요구하고 있다.^{1~5)} 따라서 전기절연재료중에 약간 들어있는 荷電粒子的 전기적성질을 조사할 필요가 있다.

誘電體중에는 雙極子 이온 電子 正孔 등의 하전입자가 있는 경우가 많고 그들이 전기전도에 寄與되어 절연특성이나 절연파괴에 큰 영향을 준다.⁶⁾ 또 외부에서 주입된 전하가 절연체내에 축적되거나 절연체내에 있던 부하가 내부에서 공간적으로 이동하여 공간전하가 형성되어 절연파괴에 연관된다는 報告가 있다.⁷⁾

그러나 절연체중의 하전입자의 極性이 正인가 負인가의 문제나 하전입자에 의해서 형성된 空間電荷分布에 관한 문제는 대단히 중요하지만 아직 불분명한 점이 많으며 議論의 대상이 되고 있는 실정이다. 최근 케이블 절연체로서 高分子 절연체가 이용되고 있는데⁷⁾ 여기에 이용되는 폴리에틸렌 케이블(CV케이블)은 장기간의 고전압 인가후의 단락이나 인가극성이 반전되면 트리발생이나 절연파괴가 일어나기 쉽다.^{8), 9), 10), 11)} 이것은 고전압 인가로 CV케이블내에 전자성 전하가 주입트랩되어 공간전하가 내부전계를 變歪하는 것에 원인이 있다고 생각된다.

본 연구에서는 溫度勾配熱刺法을 절연체중의 하전입자극성 공간전하분포에 관한 문제에 적용하여 시료내에 장소적으로 다른 조건을 주면 하전입자의 종류와 극성판정이 가능한 것을 밝

혔으며 고전계인가에 의해서 절연체중에 주입 트랩된 캐리어에 의해서 형성된 공간전하전계를 측정하였는데 재료의 평가와 절연설계의 입장에서 큰 意義를 갖는다고 사료된다.

2. 實驗 裝置 및 實驗 方法

측정회로의 개략도를 그림1에 표시하였다. 실용 CV케이블 재료(XLPE)에 Al 또는 Au로 양면을 진공도 10^{-5} torr 정도에서 증착하여 전극으로 하였다.

온도구배열자극측정법은 온도가 시료내의 장소적 함수로 되므로 공간에서 전하분포를 구할 수 있고 상당히 두꺼운 시료의 공간전하전계를 측정할 수 있어서 이 방법을 이용하였다.

상부전극측은 적외선 집광램프(250W)로 하부전극측은 히터와 액체질소로 제어하였다. 열자극전류(TSC)는 미소전류계로 열자극표면전위(TSSP)는 開回路에서 표면전위계로 측정하였으며 온도측정은 동-CONSTANTAN 熱電對로 하였다.

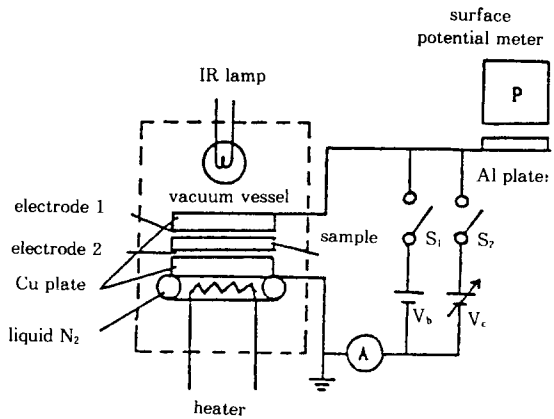


그림 1. 측정회로의 개략도
Fig. 1. Schematic diagram of measurement circuit

3. 雙極子分布의 溫度勾配熱刺戟測定特性

고체의 쌍극자배향분극은 일반적으로 그림2와 같은 束縛回電 모델(Debye Model)로 생각하여¹⁾ 쌍극자의 회전은 전위장벽 H 만큼 떨어진 두 평행위치 1, 2간의 하전입자의 遷移로 표시된다.

시료에 전계가 없을 때는 1, 2의 포텐셜 Well은 같으며 하전입자는 두 Well이 모두 같고 진동수 ν 로 진동하지만 전계가 인가되면 破線과 같이 변화되고 粒子의 전이확률이 변화되며 새로운 평형이 된다.

시료에 온도차 ΔT 를 주는 것은 극부전계 E를 인가하는 것과 동가되는 것이며 동가전위 V_{eq} 는 다음식과 같이 된다.

$$V_{eq} = -\frac{H}{q} \ln\left(\frac{T_1}{T_2}\right) \cong -\frac{H\Delta T}{qT_2} \quad (1)$$

q : 전자 전하, $\Delta T = (T_1 - T_2)$: 양전극의 온도차 식(1)에서 V_{eq} 의 크기는 활성화 에너지 H와 ΔT 로 결정되는 것을 알 수 있다.

온도구배 TSC의 Initial Leading Edge에서는 θ 를 정수($0 < \theta < 1$)라 하여 대략 다음과 같이 된다.

$$I_{(T_2)} = 2\nu P_0 \exp\left\{-\frac{H}{K(T_2 + \theta\Delta T)}\right\} \quad (2)$$

P_0 : 초기 분극량, K : Boltzmann정수, ν : 주파수 인자

식(2)에서 온도구배 TSC는 보통 TSC보다 T_2 에 대해서 $-\theta\Delta T$ 만큼 평행이동한 것이 된다. 또 그림3은 온도구배 TSSP인데 -150°C 에서 단락하고 그 후의 전위변화를 측정하였는데 바이어스 극성에 대해서 대칭적특성이다. 또 구배승온때의 피크가 평균온도의 승온때보다 온도가 높은만큼 저온쪽으로 이동하여 빨리 脫分極된다.

즉 온도구배 TSSP보다 T_2 에 대해서 8°C 만큼 평행이동한 특성이다. 이것은 전극과 시료계면에서 많은 온도강하가 없고 시료내에 일정하게 온도구배가 형성되었다고 추정된다.

이상 쌍극자의 온도구배 TSSP 측정 결과에

대해서 그림4의 모델도로 설명한다.

$V_b(>0)$ 를 인가하면 (a)와 같이 시료내의 쌍극자는 일정한방향으로 된다. 이것을 (b)와 같이 단락시키면 전극중의 전하와 시료내의 쌍극자가 어울려 상부전극과 하부전극의 전위가 같아진다.

그후 균등승온하면 (c)와 같이 시료내에 균등하게 쌍극자가 완화되어가기 때문에 상부전극전위가 서서히 상승하여 쌍극자가 모두 완화

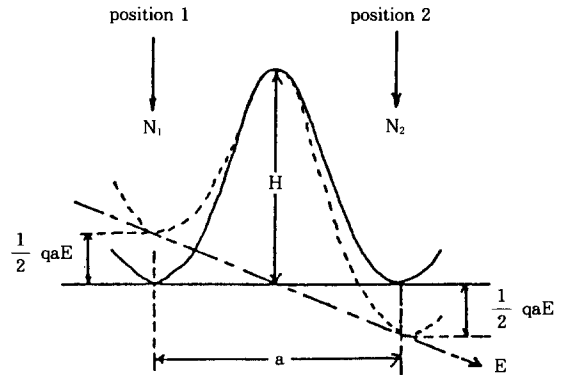


그림 2. 雙極子에 대한 Debye 모델
Fig. 2. Depole polarization

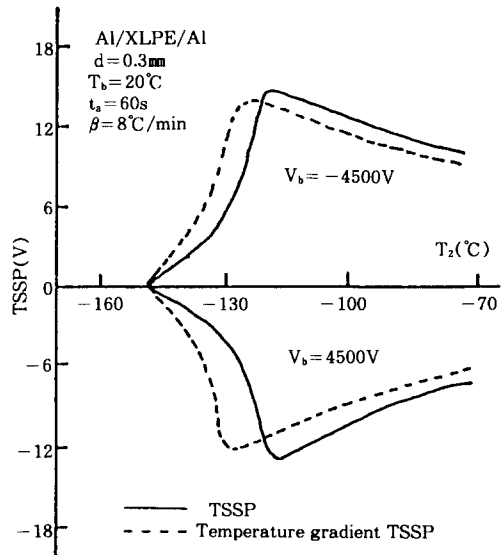


그림 3. A 피크의 TSSP와 溫度구배
Fig. 3. Temperature gradient and TSSP of A peak

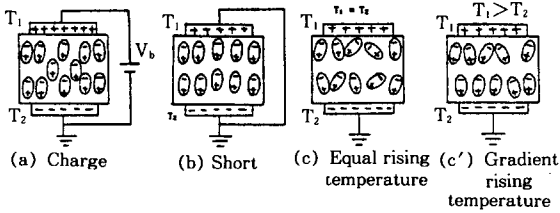


그림 4. 雙極子分布의 溫度구배 TSSP 모델圖
 Fig. 4. Diagram model of temperature gradient TSSP in dipole polarization

되면 전위가 안정된다.

구배온도 때는 (c')와 같이 상부전극온도 T_1 이 하부전극온도 T_2 보다 높기 때문에 상부 전극쪽에서 쌍극자가 완화되기 시작하므로 상부 전위는 균등온도때보다 먼저 상승한다.

4. 荷電粒子的 極性判定

4.1 可動이온의 極性判定

고온영역의 C피이크와 D피이크가 중첩되지 않는 전압 즉 캐리어주입이 되지 않는 전압 $V_b = \pm 700V$ 로 하여 $20^\circ C$ 에서 단락시켜 실험한 곡선을 그림5(a)에 표시하였다.

전위의 변화는 극성에 따르지 않고 온도구배 TSSP가 보통 TSSP보다 단락직후에는 負의 轉移방향으로 변화하는 것을 알 수 있다.

이와같이 쌍극자와 특성이 다른 것은 하전입자의 극성 때문인데 이것을 그림6의 모델로 설명하면 正 바이어스 전압($V_b > 0$)을 인가한 경우 負 가동이온은 正 極性電壓측으로 변위하고 正 가동이온은 負極性전압측으로 각각 변위한다. 이온을 동결하여 구배승온을 하는 경우 균등승온 때보다 전극 1측에서 이온이 빨리 脫分極한다. 만약 부 이온이면 구배승온의 경우 전극 1측으로 변위한 부 이온이 빨리 탈분극하기 때문에 전극1에서 표면전위는 正 방향으로 증가한다.

또 正 이온이면 전극 2측으로 변위하지만 구배승온때 전극측에 가까운 正 이온이 빨리 탈분극한다. 따라서 전극1의 표면전위는 부 방향으로 감소한다.

이 사실은 부 바이어스전압을 인가해도 마찬가지 일것이다. 이상에서 그림 5(a)의 결과는

이온의 극성이 정이 되며 만약 부 이온이면 역으로 되어 구배승온때는 균등승온때에 비해서 正 방향으로 변화할 것이다.

따라서 $V_b > 0$ 때는 전극 2측에 변위하고 $V_b < 0$ 때는 전극 1측에 변위하며 온도구배의 결과는 $V_b < 0$ 때가 크다고 생각된다.

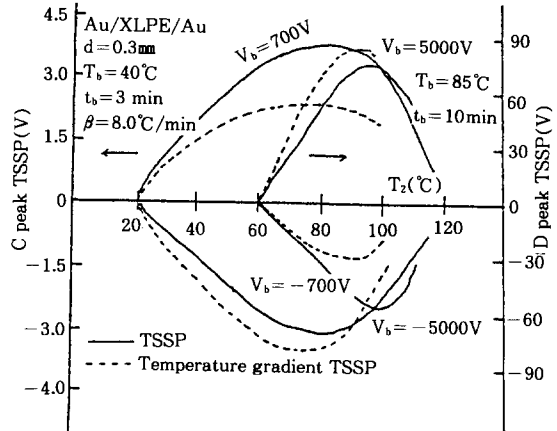


그림 5. 가동이온과 주입 캐리어의 극성판정측정
 Fig. 5. Measurement of polarity judgement to injection trap carrier and moving ion

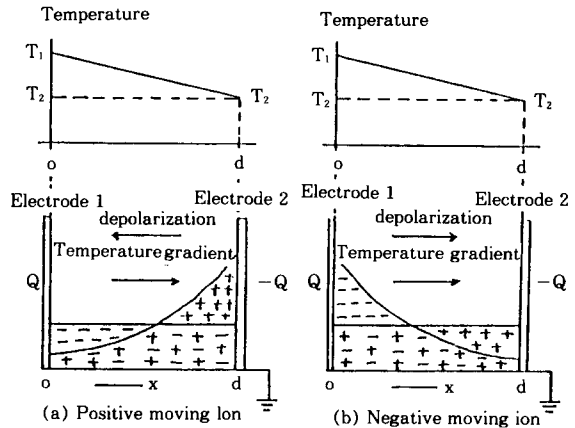


그림 6. 試料內的 溫度구배와 이온雙位 모델圖
 Fig. 6. Diagram model of displacement and temperature gradient in sample

4.2 注入 트랩캐리어의 極性判定

시료내에 외부전계를 인가하면 과잉전하가 주입되는데 이것을 동결하여 단락시켰을 때 트랩된 전공이나 전자에 의한 전위는 그림7과 같이 형성된다. 이 트랩된 캐리어를 열로 해방시

키면 승온초기에는 트랩에서 해방된 캐리어가 시료내에 그다지 많지 않으므로 해방캐리어의 수송에서는 확산이 무시되어 시료내의 트랩전하가 형성된 공간전하전계에 따라서 이루어진다.

결국은 Zero-field plane χ^* 을 경계로 캐리어가 서로 역방향으로 수송되게 된다.¹³⁾ 즉 $T_1 > T_2$ 의 온도구배가 주어졌을 때는 캐리어의 勵起는 고온측에서 빨라져 전극 1에서 χ^* 까지 사이의 트랩캐리어가 빨리 여기되어 전극 1측으로 수송된다.¹⁴⁾

또 $T_1 = T_2$ 로 온도구배가 없을 때에는 전하 여기 모양이 달라지므로 TSC 또는 TSSP를 온도구배가 있는 경우와 없는 경우를 측정하면 캐리어극성이 판정된다.

그런데 Zero-field plane χ^* 가 불변이므로¹⁵⁾ 이때의 표면전위측정을 하면 온도구배가 있는 경우 트랩캐리어가 正(正孔)이면 電位發生初期에는 구배승온때가 전위는 전극1에서 높고 트랩캐리어가 負(電子)이면 낮아진다.

주입 트랩캐리어가 熱勵起律速으로 수송될 경우 전극1의 표면전위 $V_s(t)$ 는 단일 트랩캐리어에 대해서는 다음식으로 표시된다.

$$V_s(t) = -\frac{1}{\epsilon} \int_0^{\alpha} \chi \rho t(\alpha, 0) \exp\left\{-\int_0^{\alpha} e_n(\chi, T(a) dt)\right\} \rho t(\alpha, 0) \exp\left\{-\int_0^{\alpha} e_n(\chi, T(a) dt)\right\} d\alpha + \frac{1}{\epsilon} \int_{\alpha}^d (d-x) \rho t(\alpha, 0) \exp\left\{-\int_0^{\alpha} e_n(\chi, T(a) dt)\right\} d\alpha \quad (3)$$

여기서 $e_n(\chi, T(a)) = v \exp\left\{-\frac{Ht}{KT(a)}\right\}$

단 ϵ : 유전율, ρ : 트랩전하밀도,

v : 이탈주파수, H : 트랩깊이

트랩전하의 초기분포가 변화되지 않는다면 V_s 의 초기시간변화는 다음과 같이 근사된다.

$$\frac{dV_s}{dt} \cong \frac{1}{\epsilon} \int_0^{\alpha} \{\chi \rho t(\alpha, 0) e_n(\alpha, T(a)) d\alpha - \int_{\alpha}^d (d-x) \rho t(\alpha, 0) e_n(\chi, T(a)) d\alpha\} \quad (4)$$

따라서 시료내 온도가 균일하면 $e_n(\chi, T(a)) = e_n(T_2)$ 로 되어 위치에는 관계없고 온도구배가 있을 때는 온도가 높은 쪽에 $e_n(\chi, T(a))$ 는 큰값을 갖게 된다.

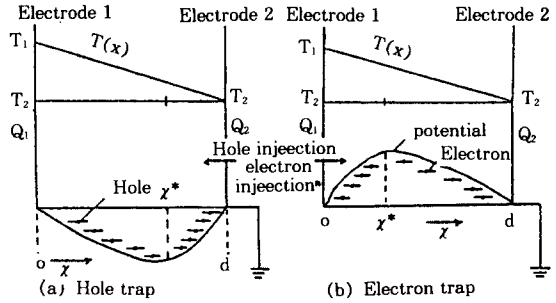


그림 7. 트랩 캐리어에 의한 전위분포와 시료내의 온도구배

Fig. 7. Temperature gradient in sample and potential distribution by traps carrier

따라서 온도구배가 있을 때의 표면전위 V_s' 와 온도구배가 없을 때의 V_s 의 시간변화에는 발생초기에 다음 관계가 얻어진다.

$$\frac{dV_s'}{dT_2} - \frac{dV_s}{dT_2} > 0 \text{ 때는 正孔} \quad (5)$$

$$\frac{dV_s'}{dT_2} - \frac{dV_s}{dT_2} < 0 \text{ 때는 電子}$$

그림5(b)는 C피크가 50°C 부근에 있으므로 D피크가 C피크의 영향을 받지 않는 탈분극이 거의 완료되는 60°C에서 단락승온시키면서 전위변화를 측정한 D피크의 온도구배 TSSP인데 이때의 온도차는 약 23°C이고 전위가 높은 쪽으로 변화하면 식(5)의 관계에서 正孔性 트랩을 시사한다.

따라서 트랩캐리어가 正이면 전극 1의 전위는 균등승온때보다 높을 것이며 負이면 반대로 될 것이다. 이 사실은 V_b 를 반대극성으로하여 캐리어를 투입하여도 마찬가지이다.

또 이것은 TSC에서도 같으며 트랩캐리어의 극성 판정이 가능하고 D피크는 주입트랩 전하에 기인한다고 생각된다. 이 관계는 그림7의 모델 설명과 잘 맞는다.

4.3 勵起 트랩캐리어 極性判定

光 혹은 방사선(γ)을 照射하면 절연체내에 勵起트랩캐리어가 생기는데¹⁶⁾ 이것을 극성판정하여 電子性和 正孔性으로 구별한다.

그림8과 같은 Band model을 생각한다.¹⁷⁾ 즉 단일 트랩준위이고 트랩은 저온에서 光 혹은

방사선에 의해서 부분적으로 충전되어 있는데 이때 승온시키면 이 트랩전자는 傳導體 熱 勵 起되지만 여기된 전자는 再트랩하든가 정공과 재결합한다. 따라서 트랩전자와 傳導電子의 시간변화는 다음식으로 표시된다.

$$\frac{\partial n_t}{\partial t} = -\frac{n_t}{\tau_t} + n_c(N_t - n_t)S_t V \quad (6)$$

$$\frac{\partial n_c}{\partial t} = -\frac{\partial n_t}{\partial t} - \frac{n_c}{\tau} + \frac{1}{q} \frac{\partial J(\alpha, t)}{\partial \alpha}$$

여기서 n_t : 트랩전자밀도, n_c : 전도전자밀도, N_t : 트랩준위밀도, N_c : 전도대의 유효상태밀도, E_t : 트랩준위의 깊이 S_t : 트랩포획단면적, V : 전도전자열속도, τ_t : 트랩에서의 전자수명, τ : 전도전자의 재결합에 의한 수명, q : 전자전하, J : 시료내의 전류밀도이다.

식(6)을 해석하는데 Slow retrapping¹⁷⁾, Fast retrapping¹⁷⁾의 조건에서 근사 解가 구해진다.

위 조건에서 온도구배 TSC의 Initial Leading Edge에 대해서 B를 정수로 하고 $\theta(0 < \theta < 1)$ 를 이용하여 정리하면 다음과 같이 표시된다.

$$I_{(T_2)} = B(-V_c + \delta V_{eq}) \exp\left\{-\frac{E_t}{K(T_2 + \theta \Delta T)}\right\} \quad (7)$$

$$V_{eq} = \frac{\Delta T E_t}{q(T_2 + \theta \Delta T)} \cong \frac{\Delta T E_t}{q T_2} \quad (8)$$

여기서 $\delta = -1$ (정공트랩), $\delta = 1$ (전자트랩)

식(7)에서 Slow retrapping, Fast retrapping의 기구에 관계없이 크기가 같고 극성이 다른 V_c 를 인가하여 측정 한 온도구배 TSC의 Initial Leading Edge의 대소 관계로부터 전자트랩인가, 정공트랩인가 판정된다. 즉

$$\left. \begin{array}{l} |I(V_c > 0)| > |I(V_c < 0)| \text{ 이면 정공트랩} \\ |I(V_c > 0)| < |I(V_c < 0)| \text{ 이면 전자트랩} \end{array} \right\} (9)$$

$V_c = 0$ 일때 식(7)은 제2항만으로 표시되어

$$\left. \begin{array}{l} I(V_c = 0) > 0 \text{ 이면 전자트랩} \\ I(V_c = 0) < 0 \text{ 이면 정공트랩} \end{array} \right\} (10)$$

식(7)에 의하면 시료에 온도차 ΔT 를 주는 것은 식(8)의 등가적 전압 V_{eq} 를 주는 것으로 된다. 따라서 V_{eq} 값이 무시되어지지 않는 V_c 를 인가하여 온도구배 TSC의 Initial Leading Edge 특성을 측정하면 트랩극성판정이 가능하다.

시료는 LDPE(0.3mm)이고 ^{60}CO 의 γ 선을 실온

공기중에서 3.00×10^5 rad로 照射한 것이다. 캐리어극성을 판정하기 위해서는 크기가 같은 V_c 를 인가하여 온도구배 TSC를 측정하는데 分散을 막기 위하여 1개의 시료에 동시에 $\pm V_c$ 를 인가하여 측정한다.

그림9는 이 방법이고 온도 T_2 에 대해서 V_c 극성을 正, 負로 반전시키면 이 순간 흡수전류가 생기는데 전류값이 거의 일정하게 되면 역극성으로 한다. 이와같이 하여 각 값을 연결한 것이 곡선인데 이것이 正과 負의 V_c 인가의 TSC이다.

그림10(a)는 온도구배 TSC와 보통 TSC의 Initial Leading Edge특성인데 온도차는 21°C 이고 온도구배 TSC는 $-V_c$ 인 때보다 Leading

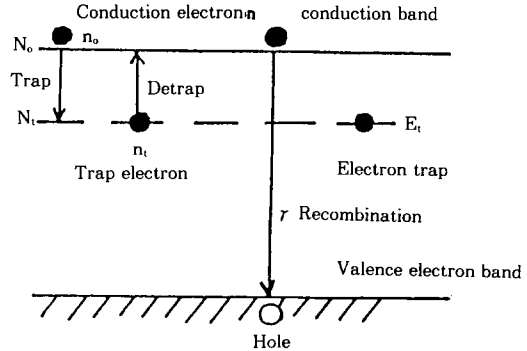


그림 8. 單一트랩모델 (電子트랩)
Fig. 8. Simple trap model (Electron trap)

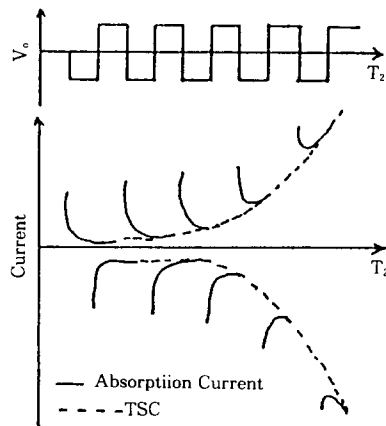


그림 9. V_c 인가방법과 TSC
Fig. 9. TSC and impressed method of V_c .

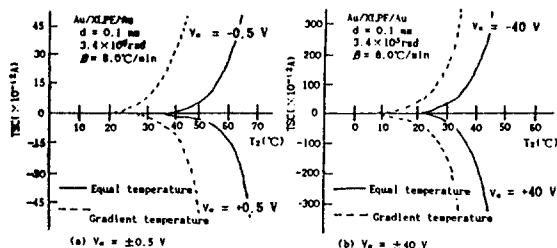


그림 10. 캐리어트랩의 극성판정과 높은 코렉팅전압 인가때의 측정

Fig. 10. Measurement of impressed high collecting voltage and polarity judgement in carrier trap

Edge 초기온도영역의 전류값이 대단히 크고 보통 TSC는 正, 負 V_c 에 대해서 거의 대칭이다. 즉 이 결과는 식(9)관계로 보면 전자트랩을 시사하고 있다. 시료내의 온도구배가 없을 때는 식(7)에서 $\Delta T=0$ 으로 놓으면 正, 負 V_c 가 대칭적으로 된다. 동도(b)는 (a)때 보다 더 높은 V_c 때인데 온도구배 TSC도 보통 TSC의 V_c 에 대해서 대칭형이다.

이 결과는 V_c 가 높기 때문이라고 생각된다. 본 실험에서 식(8)에서 $\Delta T=21^\circ\text{C}$ 정도 이므로 등가전위 V_{eq} 는 0.1eV 정도이기 때문에 동도(b)와 같은 V_c 에서는 V_{eq} 는 무시되었다고 본다.

4.4 空間電荷電界分布測定

주입트랩캐리어가 熱勵起律速으로 수송되는 경우 표면전위 $V_s(t)$ 는 일반적으로 식(3)으로 표시된다. 표면전위 측정에서는 전하의 해방이 열여기에 의해서 이루어진다면 측정중 Zero-field plane의 위치 X^* 는 이동하지 않고 V_c 에 의해서 정해진다.¹³⁾

그림 11과 같이 $V_c=V_{c2}$ 때 Zero-field plane의 위치를 각각 X^*_{c1} , X^*_{c2} 라 하고 식(3)에 대입하면 그 차는

$$\Delta V_s(t) = \frac{d}{\epsilon} \int_{ac2}^{ac1} \rho t(\chi, 0) \exp \left\{ - \int_0^1 e_n(\chi, T(\alpha) dt) d\alpha \right\} \quad (11)$$

로 된다. 그림11에서 V_{c1} 과 V_{c2} 를 인가했을 때의 표면전위차 $\Delta V_s(t)$ 는 $\chi^*_{c1} \sim \chi^*_{c2}$ 사이에 트랩된 전하가 해방되어 이동방향의 다름으로 생기는 전위변화를 의미한다. 여기서 $V_{c2} \rightarrow V_{c1}$ 때

$\chi^*_{c2} \rightarrow \chi^*_{c1}$ 로 되며 그 극한치를 구하면 다음식이 도출된다.

$$\frac{dV_s(t)}{dV_c} \Big|_{V_c=V_{c1}} = \exp \left\{ - \int_0^1 e_n(\chi^*_{c1}, T_{(\chi^*_{c1})}) dt \right\} \quad (12)$$

즉 식(12)는 Zero-field plane 위치에서 온도의 함수로 된다. 따라서 두가지의 온도구배를 주어 표면전위를 측정했을 때 식(12)에 의한 兩者의 측정결과가 일치하는 것은 양자의 Zero-field plane의 위치에서 온도가 일치했을 때이다. 이 특성에 의해서 V_c 와 Zero-field plane의 위치 χ^* 와의 관계가 정해지며 시료내의 전하 분포가 정해지게 된다.

그림 12는 $d=0.3\text{mm}$ 의 LDPE시료에 여러가지 V_c 를 인가하여 측정한 온도구배 TSSP특성인데 실선은 온도차가 -6°C 이고 파선은 23°C 이다. 식(12)를 기본으로 Zero-field plane의 위치 χ^* 를 구하고 서로 인접한 2種의 V_c 를 인가한 TSSP V_s 의 차 ΔV_s 를 실선과 파선에 대해서 구하면 $\Delta V_s/\Delta V_c$ 특성으로 되어 식(12)에 상당한 것이 얻어진다.

이와 같이 구하여 $V_c=205\text{V}$ 와 $V_c=135\text{V}$ 에 대해서 ΔV_s 를 1°C 간격으로 Plot한 것이 그림 13인데 양자의 특성은 측정온도축 T_2 에 대해서 9.5°C 이동시켰을때 거의 일치하였다.

따라서 이 9.5°C 와 2種의 온도구배($\Delta T=23^\circ\text{C}$, $\Delta T=-6^\circ\text{C}$)를 고려하면 그림 14와 같이 Zero-field plane χ^* 의 위치가 정해진다. 즉 $V_c = (205 + 135)/2 = 170\text{V}$ 때의 Zero-field plane의 위치는 $\chi^*/d=0.67$ 로 된다.

이상과 같이하여 이웃의 극성이 같은 V_c 를 인가한 TSSP특성에 Zero-field plane 위치 χ^* 를 구한 결과를 그림 15에 표시하였는데 兩電極面의 ●표는 V_c 인가때의 TSC특성에서 얻어진 특성 Collecting전위를 표시한다.

Zero-field plane은 正의 V_c 에 의해서 전극2 ($\chi=d$)쪽으로 이동하고 負의 V_c 에 의해서 전극1($\chi=0$) 쪽으로 이동하는 것으로 보아 이 주입트랩캐리어는 전자라 할 수 있다.

그림 7에서 검토하면 $\Delta T=23^\circ\text{C}(>0)$ 때는 전극 1에서 χ^* 사이에 트랩된 캐리어가 빨리

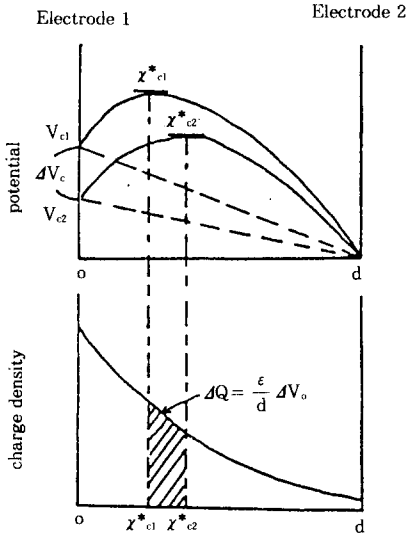


그림 11. 電位分布과 電荷분포의 관계
 Fig. 11. Relation of electric charge distribution and potential distribution

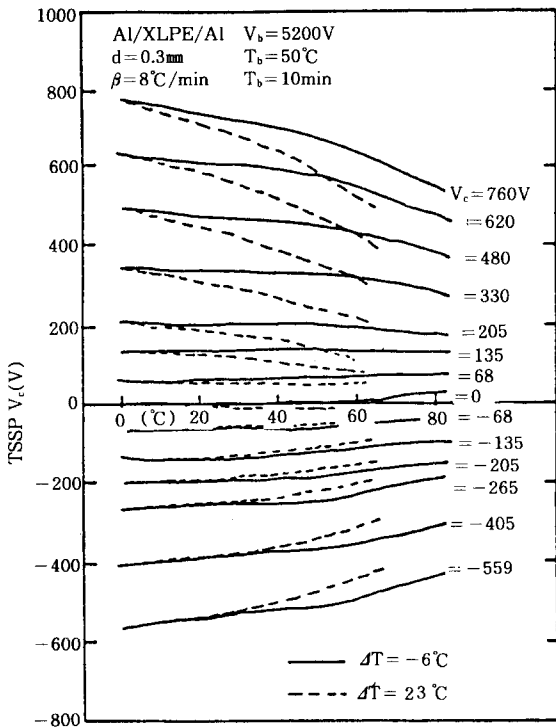


그림 12. 각종 V_c 인가때의 溫度구배 TSSP特性
 Fig. 12. Temperature gradient TSSP characteristics at various V_c

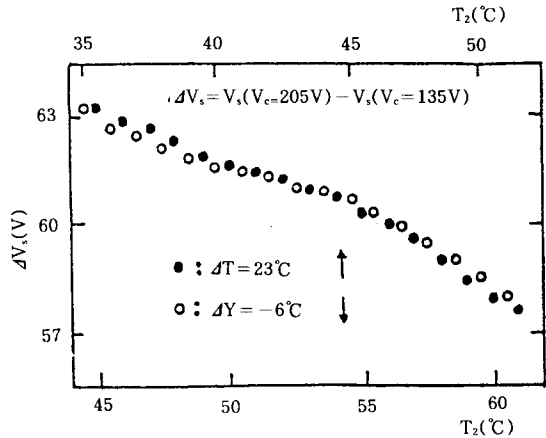


그림 13. ΔV_s 의 特性
 Fig. 13. Characteristics of ΔV_s

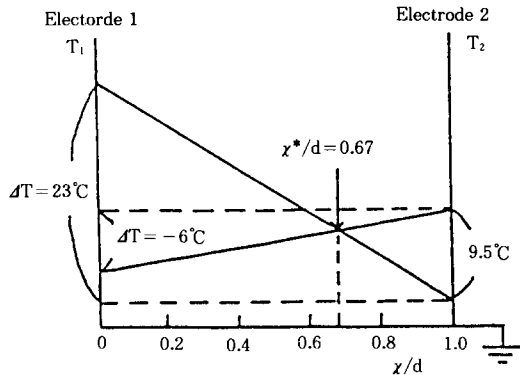


그림 14. 그림 13에서 얻은 zero-field plane 위치
 Fig. 14. Position of zero-field obtain in Fig.13

勵起되어 전극 1에 닿지만 $\Delta T = -6^\circ\text{C}$ (< 0) 때
 는 역으로 전극 2에서 x^* 사이에 트랩된 캐리어
 가 빨리 勵起되어 전극 2에 닿으므로 만약 正
 孔트랩이면 전극 1의 전위는 23°C 때의 TSSP
 에 대해서 正방향으로 변한다.

따라서 그림 12에서 파선(23°C)의 TSSP는
 실선(-6°C)의 TSSP에 대해서 발생초기에 負
 전위 방향으로 변화하므로 전자성 트랩이다.
 즉 그림 15의 특성에서 얻어지는 트랩캐리어
 가 전자라는 결론을 지지한다. 또 이 그림이
 본 실험에서 얻어지는 電界주입후의 兩電極間
 을 단락시킨 직후의 시료내 電界分布를 나타내
 는 것으로 되어 공간전하분포를 평가하는 것이
 가능하다고 사료된다.

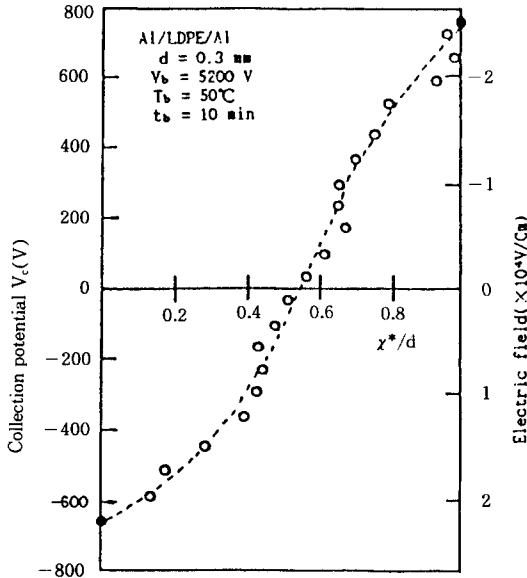


그림 15. 콜렉팅 전위와 zero-field plane 위치의 관계 (시료내의 전기분포)

Fig. 15. Relation of zero-field position and collection electric potential (electric field distribution in sample)

5. 결론

溫度勾配熱刺法에 의한 절연체중의 荷電粒子 極性判定 및 空間電荷分布測定이 가능하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Drift律速의 경우 캐리어 특성판정은 캐리어분포에 의존하였으며 바이어스때 시료내에 온도구배를 준 경우 온도차에 의한 실험에서 주입트랩 캐리어의 극성 판정이 가능하였다.

2) Fast retrapping, slow retrapping 解析으로 트랩캐리어의 극성 판정이 가능하며 절연체중의 캐리어 트랩의 電子性, 正孔性 判別이 가능하였다.

3) γ 線을 照射한 저밀도 폴리에틸렌을 실험한 결과 80°C 부근에서 생기는 TSC 피이크는

電子트랩이 관여하고 있었다.

4) 온도구배 열차극법으로 空間電荷分布를 측정하여 Zero-field plane의 위치를 직접 시료내의 電荷分布를 구할 수 있었으며 공간전하분포의 評價가 가능하였다.

5) D피이크의 원인이 되는 트랩캐리어의 공간전하분포측정결과 注入電極界面부근에 다량으로 주입트랩 되었다고 추정된다.

참고 문헌

- 1) J.J.O' dwyer, "The Theory of Electrical Conduction and Breakdown in Solid Dielectrics"(1973) Clarendon, Oxford.
- 2) 澤·水谷 家田, 靜電氣學會誌 7,375, (昭58).
- 3) T. Mizytani & M.Leda, IEEE Trans. Elect. Insulation, EI · 21 833(1986).
- 4) M. Leda, IEEE Trans. Elect. Insulation, EI-15 206 (1980).
- 5) 「高分子 絶緣材料の絶緣破壊現象」 電氣學會技術報告(Ⅱ)部 第304號(平1).
- 6) 電氣學會雜誌特集 「最近の絶緣材料」 95 425 (1975).
- 7) A. Bradwell, R. Cooper and B. Rarlow, Proc. IEE. 118 247 (1971).
- 8) K. UcAida & N. Shimuzu, IEEE Trans. Elect. Insulation, EI-26 271 (1991).
- 9) 犬石, 中鳥, 川邊, 家田, 「誘電體現象論」 電氣學會 (1973).
- 10) T. Hibma & H.R.Zaller, J.Appl. Phys.59, 1624 (1986).
- 11) D. Ronarch and S. Haridoss, J. Appl. Phys. 52, 5916 (1981).
- 12) H. Frohlich, "Theory of Dielectrics" Clarendon Press, Oxford (1958).
- 13) G. Dreyfus and J. Lewiner, Phys. Rev.138 3032 (1973).
- 14) 日野, 山下, 金子, 電氣學會誌 96-A 143(1976).
- 15) 金子, 日野, 電氣學會誌 97-A 339 (1977).
- 16) 家田, 鈴置, 水谷, 高分子論文集 36 671 (1979).
- 17) R.R.Haering and E.N.Adams, Phys.Rev. 117 451 (1960).
- 18) 日野, 金子, 電氣學會誌 96-A 309 (1976).