

電氣設備用 PET의 絶緣破壞와 空間電荷 效果에 관한 研究

A Study on the Effect of Space Charge and the Dielectric Breakdown of PET for Electric Installation

윤성도 [*]	조선대학교 대학원
박상현	조선대학교 대학원
정학수	조선대학교 대학원
서장수	송원 전문대학
박중순	목포해양 전문대학
국상훈	조선대학교

< A B S T R A C T >

This paper examined the existance behavior of charged particles by measuring polarity inversion current Thermally Stimulate Current (TSC) and analysed appearance mechanism of polarity inversion current Peak and Also investigated relation between ionic space charge formation and dielectric breakdown by measuring D.C breakdown impulse breakdown D.C - impulse superposition as a sample of PET. As a result, we found that dielectric breakdown is likely to happen due to ionic space charge at the transient state when applied polarity inversion voltage and that charged partion of TSE Peak at the high temperature was the same as that of polarity inversion current.

Also there was no effect on ionic space charge about the dielectric breakdown in stationary state when applied D.C voltage

1. 서 론

고체절연체에 고전계가 인가 되었을때 일어나는 절연파괴 현상은 材料 고유의 분자구조나 고체구조에 의해서 결정되는것만은 아니고 전극형상이나 전압인가방법들에 의해서 여러가지의 2차 효과 영향을 받는 것이 알려져 있다.^{1,2,3,4,5,6,7)} 그 결과 대표적인 것으로서 절연체중에 형성되는 空間電荷가 있다.

일반적으로 공간전하는 전극에서 전하의 주입에 따라 형성되는것과 Bulk중을 전계에 의해서 이동된 전

하에 따라 형성되는것의 두가지로 대별할수있으며 그 전하와 근접전극과의 상대적인 극성에 따라 Homo 전하 Hetero 전하라 불리운다.

공간전하는 Bulk중의 전계나 전극界面의 전계가 이그러지기 때문에 고체의 전체가 갖는 본질적인 절연파괴에 큰 영향을 미친다.⁶⁾

예를들면, 고분자 절연재료의 polyethylene은 인가 전압의 극성반전때에 Tree劣化나 절연파괴가 일어나기 쉽게되지만 이 원인으로서는 전하의 주입에 의한 공간전하의 效果인것을 알았다.⁸⁾

이것은 고압 C-V 케이블의 直流 送電의 적용에 있어서 실제로 문제로 되어 있다.

또 물질중의 공간전하를 없애기 위하여 添加劑를 充填하는방법이나 공간전하로 되는 전하주입을 방지하기 위하여 Polyethylene terephthalate (PET) 등으로素材를 쌓아주는 방법등 보다좋은 절연재료 개발도 활발하게 진행되고 있다.

이런점에서 공간전하의 형성기구와 분포, 절연파괴와의 關係를 명백히 하는것은 절연파괴현상의 이론이나 해석을 촉진시키는데도 또 전기절연 설계를 하는데도 중요한 과제라 생각된다.

본 연구에서는 이상과 같은 점에 주목하여 고분자 절연재료의 절연파괴에 있어서 공간 전하효과를 취급하기로 하였다. 시료로서 PET는 내열성, 내습성이 우수한 절연재료이지만 이온性 不純物을 含有하고 있어 100℃ 이상의 고온영역에서는 이온이 전계인가에 수반하여 Bulk 중을 이동하여 공간전하분극을 만드는 것이 알려져있다.⁹⁾

본 연구에서는 극성반전전류와 열자극전류 (Thermally Stimulated Current, TSC)를 측정하여 PET중의 荷電粒子的 존재와 거동을 조사하여 극성 反轉電流의 Peak 出現기구를 해석함과 동시에 적류파괴,

Impulse 파괴, 직류와 Impulse가 중첩되어 파괴되는 것을 측정하여 이온 공간전하의 형성과 절연파괴와의 관련을 조사 검토하였다.

2. 실험장치 및 방법

2-1. 試料

시료에는 주로 Polyethylene terephthalate (PET)의 2軸延伸 필름 (류미라 S)를 이용하였다.

PET는 Terephthal 酸 (H O O - C \langle \rangle - C O O H)와 ethylene glycol (H O - C H₂ - C H₂ - O H)와의 縮重合體 이다.

PET 필름은 외관은 투명하고 기계적으로도 강하고 耐熱性, 耐溫性도 크고 전기적성질도 우수하기 때문에 전동기, 변압기 케이בל등의 절연재, condenser의 유전체등에 널리 이용되고 있다.

절연파괴 실험에서 극성반전전류 및 TSC 측정에는 주로 16 μ m의 PET 필름을 사용하여 표면을 알코올로 洗淨 후 1×10^{-6} torr 정도에서 금속 (Cu, Au, Al)을 양면에 증착시켜 전극으로 하였다.

2-2 측정장치

Bell jar내의 온도 조절이 될수있게 銅 Block위에 시료를 고정시키고 1×10^{-5} torr정도의 진공중에서 측정하는데 시료를 그림 1에 표시한다.

온도는 銅 Block에 부착시킨 銅 - Constantan 열전대로 측정하고 전류는 고감도 직류전압계를 사용하고 온도 전류의 출력을 각각 X-Y Recorder로 기록하였다. 90 V 전지를 직렬로 접속하여 사용하였다.

전류 - 시간특성 측정의 경우는 X軸을 시간축 t로 바꾸어 기록하였다.

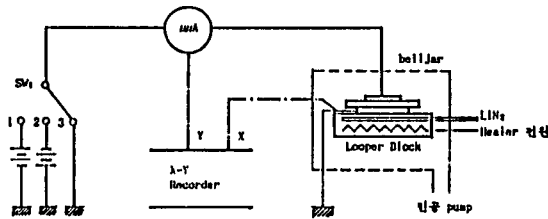


Fig 1. Measuring circuit of current and TSC

3. 實驗結果 와 考察

3-1. 充電電流, 極性反轉電流의 時間特性⁴⁾

그림 2에 $T_b = 435 K$, $V_b = 97 V$ 때의 충전전류, 극성반전전류의 시간특성을 표시한다.

이 현상에 대해서는 PET의 Bulk내의 이온 발생에 관계가 있다고 하였다.¹²⁾

그림 3는 극성반전전류의 시간특성이다. 이 사실에서 반전에 의한 전체 전하량 Q는 t_b 가 1~20 min에서 거의 같은것을 알수있다.

그림 4은 전압인가후 10 min의 전류값 I_L 과 극성반전후의 Peak 전류값 I_P 의 인가전압특성이다.

I_L 은 V_b^2 에 비례하고 I_P 는 측정값이 적지만 거의 $V_b^{3/2}$ 특성이다.

3-2. 電極金屬의 依存性

그림 5은 전극금속을 Cu, Au, Al로 하였을때의 충전전류 극성반전전류의 時間特性이다. 그 원인으로서 전극금속에 의해서 이온의 중성화, Blocking 현이 다르고 주입도 다른것으로 생각된다.

그림 6은 PET의 TSC이며 저온측에서부터 160 k 부근에서 A peak, 360 k 부근에 B peak, 400 k 부근에 C peak, 500 k 부근에 D peak가 관측되는것이 알려져있다.

그림 7은 V_b 를 반전하고 t_b 시간을 증가하여 그대로 급냉하여 TSC를측정한 곡선이다.

반전후 10 sec에서 역전하며 그 이상의 시간경과에도 거의 같은 특성이었다.

그림 8은 전극금속을 Cu와 Al로 한 시료의 TSC 곡선인데 C peak와 D peak의 차이는 Al 전극이 C peak가 크고 전하량도 많은데 D peak는 대단히 작다.

그림 9는 직류전압 V_{DC} 를 5 min인가후에 impulse 전압 V_{imp} 를 중첩시켰을때의 절연파괴전압 V_{BD} 의 직류전압 의존성을 표시한것이다. 온도가 낮아질수록 V_{BD} - V_{DC} 특성이 오른쪽은 내려가는 경향이 있다.

4. 結 論

본 연구에서 PET 필름을 시료로하여 극성반전전류와 熱刺戟 電流를 측정하여 얻어진 결과를 요약하면 다음과같다.

1. PET중에 있는 이온량과 그 거동을 명확히하고 극성반전전류 Peak의 出現機構가 中性化이온의 再解析, 發生, 전계에 의한 Bulk 중의 drift 對向側電極에서 放電이 關여한것을 알았으며 절연파괴가 일어나기 쉬운것을 알았다.
2. 극성반전전류의 荷電粒子和 TSC로 관측되는 500K 부근의 D peak와는 같은 荷電粒子 인것을 알았다.
3. 직류전압을 증가하여 장시간 경과한 正常狀態에서 절연파괴에 이온의 공간전하의 영향은 없다.

참 고 문 헌

1. 大石, 吹田: (日)電氣學論誌 76-A, 913 (1956)
2. Fr hlich, H: Proc. Roy. Soc. A 188, 521 (1947)
3. Bradwell, A & coop, r: proc. Instn Electo Engrs. 118, 247 (1971)
4. 水各: 「高分子 絶緣材料의 高電界 電氣位導と 絶緣破壞 研究의 現狀と課題」, 電氣學會 特果解説 //2-A, 3(1992)
5. T. Mizutani & M. Leda: IEEE, Trans Elect. Insulation, EI-21 833(1986)
6. M. Leda: IEEE, Trans Elect. Insulation EI-15 206(1980)

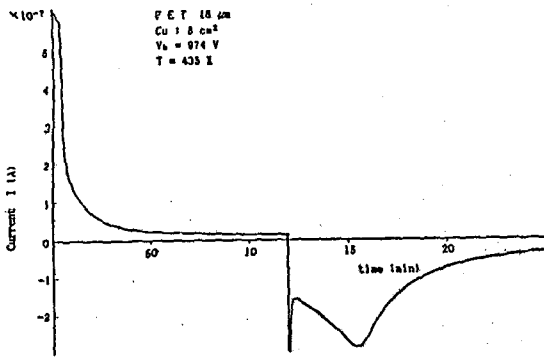


Fig 2. Time characteristics of charging current and polarity inversion current

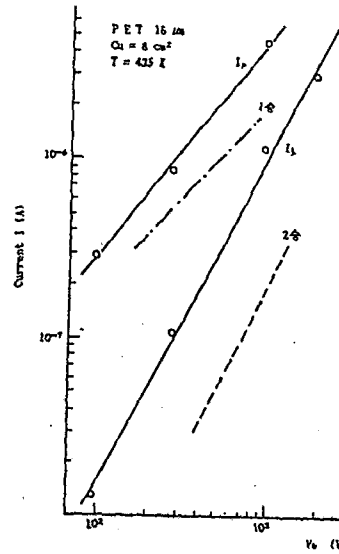


Fig 4. Voltage characteristics of leakage current and peak current

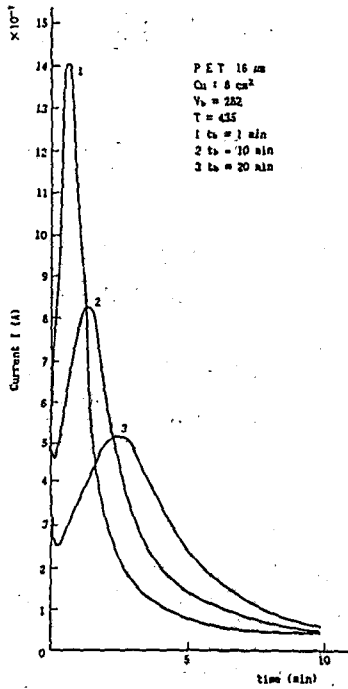


Fig 3. Applied time characteristics of polarity inversion current in voltage of after

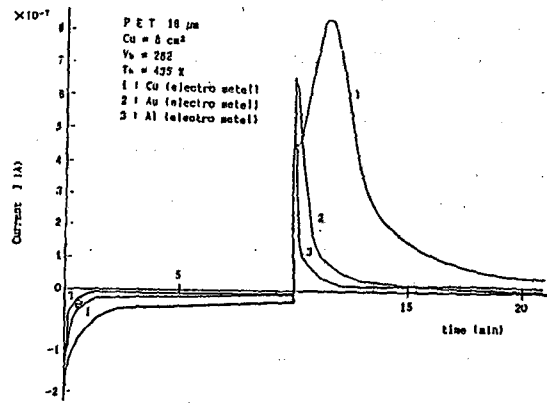


Fig 5. Dependence of electrode metal in charging current and polarity inversion current

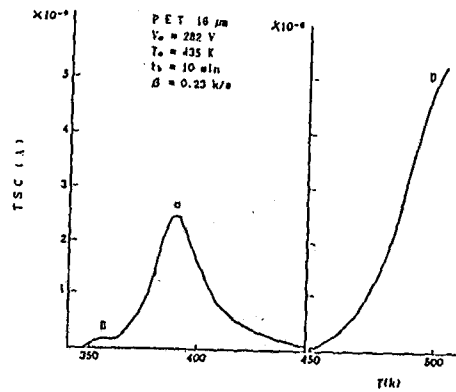


Fig 6. TSC of PET

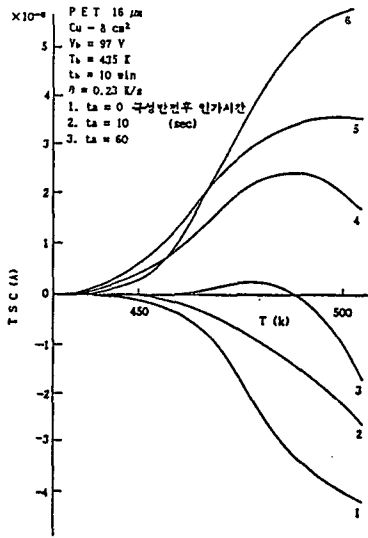


Fig 7. Variation of TSC by bias time after polarity inversion

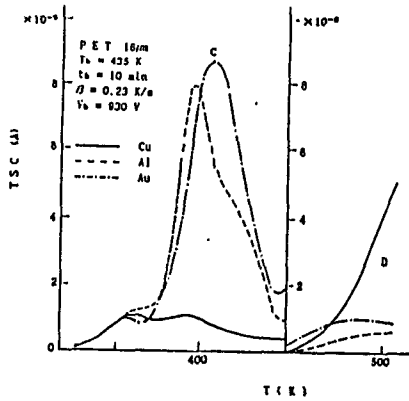


Fig 8. Dependence of electrode metal in TSC

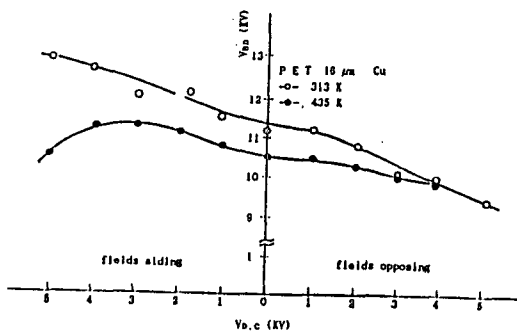


Fig 9. Characteristics of direct current and impulse superposition breakdown in PET