절연/반도전/절연필름에 있어서 전기전도도와 공간전하분포

° 강 대용, 이 창훈, 박 대희, *한 상옥, **서 광석
원광대학교 전기공학부, *충남대학교, **고려대학교.

A Study on the Electrical Conduction and the Space Charge Distribution of the PET/SEMI/PET Flim

° D. Y. Kang, C. H. Lee, D. H. Park, *S. O. Han, **K. S. Suh.
Wonkwang Univ., *Chungnam National Univ., **Korea Univ.

Abstract - 본 논문에서는 PET/PET 필름과 인터페이스를 갖는 PET/SEMI/PET필름에서의 전기전도도와 공간전하분포를 고찰하였다. 반도전층을 가지고 있는 PET/SEMI/PET 필름의 전도전류는 PET/PET에 비하여 높았으며 특히 전압 인가후 순간적인 전류가 급격하게 소멸하였다. 또한 PET/SEMI/PET 필름의 공간전하 분포는 PET/PET 필름에 비해 높은 전하 형성을 보였다.

1. 서 론

초고압화와 함께 전력기기의 신뢰성은 절연재료의 성능에 의해서 좌우된다고 보아도 과언이 아니다. 이와같은 절연성능은 전기적, 기계적, 열적인 물성이 안정적으로 유지되어야한다. 그렇지만 절연재료의 사용은 지금까지의 절연체의 개념에서 구조적인 조립화 되어지는 경우가 많다. 특히 전력기기의 Prefabrication화라든가, 소형화등에 있어서 절연성능은 복합적인 기능이 완전하게 유지하고 있을 때 장기적으로 수명을 갖게된다. 예를들면 FRP rod에 에폭시를 함침시킨다든가, 케이블 접속부에 고무/에폭시등의 절연부품, 콘덴서의 함침지/절연오일등과 같은 절연의 이종계면을 갖는 부분이 많다. 1)

최근에는 초고압화와 함께 전력기기에 있어서 이종의 계면구조가 많아지고 있으며, 전계의 완화용으로서도 반도전층 계면을 응용하는 경우도 있다.2) 그렇치만 이종절연 계면은 절연시스템내에서 절연성능을 치명적으로 저하시키고, 열화를 일으키는 부분으로 보고되고 있으며, 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 전력기기에 있어서 절연성능을 저하시키는 계면으로서 절연/금속, 반도전/절연, 절연/절연등이 존재한다. 뿐만아니라, 상의 형태에 따라서 계면의 구조는 고체/액체/기체등의 경우도 있으며, 초고압하에서 많은 사고의 원인이 되고 있다.3)

절연계면하에서 절연사고는 장시간에 걸쳐서 열화진전된후에 발생이 되는 경우가 많다. 이와같은 관점에서 절연재료의 계면현상에 관한 연구는 매우 중요하다고 판단된다.

특히 전력케이블 및 접속단말에 있어서 계면은 전계완화를 위하여 절연층/반도전층에 있으며, 많은 절연파괴 사고의 출발점이 되고 있다. 이와같은 절연층과 반도전층의 구조는 초고압화와 Prefabrication화에 있어서 필수적으로 응용되고 있다. 4) 지금까지의 절연재료의 연구는 단순한 동일필름상에서 전기적인 특성을 평가하고, 현상을 연구해 오고 있다. 그러나 실제적인 응용에 있어서는 계면하에서의 전기적인 물성의 파악과 그의 계면현상을 고찰하는 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 절연/반도전/절연물하에서의 전기전도와 공간전하의 분포를 파악하고자 한다. 이같은 절연성능을 향상시키기 위하여 이종계면의 전기적인 물성 연구는 중요한 과제이다.

2. 시료 및 실험장치

본 실험에서 사용한 시료는 PET필름이며, 계면은 PET/반도전층/PET로 구성하였다.

각 시료의 전기전도는 상부전극이 85.8mmφ, 하부전극이 52.4mmφ의 평판전극을 사용하고, 일정한 전계하에서 Electrometer (Keithley 6517)로 측정

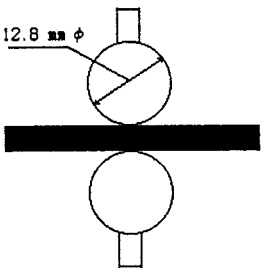


그림 1. 구/구 전극

하였다. 또한 계면을 갖는 시료의 공간전하분포 측정은 PEA방법을 이용하여 측정하였다.

절연파괴강도측정은 전극으로서 그림 1과 같은 12.8 mmφ의 구/구 전극을 이용하고, 연면파괴를 방지하기 위하여 절연오일내에서 측정하였다. 인가전압은 교류전압 및 직류전압을 이용하고, 각 시료수는 10장을 측정하고, 최저와 최고를 제외한 나머지 값을 이용하였다.

3. 실험결과

3.1 PET필름의 절연파괴강도

PET필름의 직류절연파괴강도와 두께의존성을 측정하였다. 그림 2은 PET필름의 두께에 따른 절연파괴강도를 나타냈다. PET두께에 따른 절연파괴강도는 필름의 두께의 증가와 함께 감소하는 경향을 나타내고 있다. 25㎛의 경우에는 6.6(MV/cm)를 나타내고 있으며, 100㎛에서는 5.4(MV/cm)로 저하한다. 이와같은 절연파괴강도의 저하는 필름내에서의 전자의 사태에 의한 원인으로 추정된다.

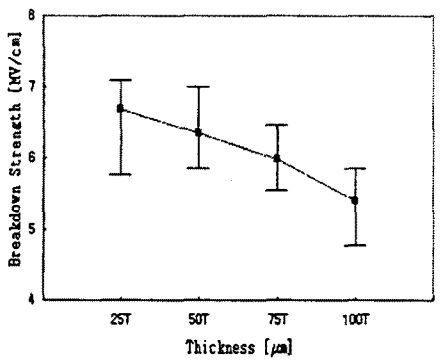


그림 2 PET필름의 직류절연파괴강도

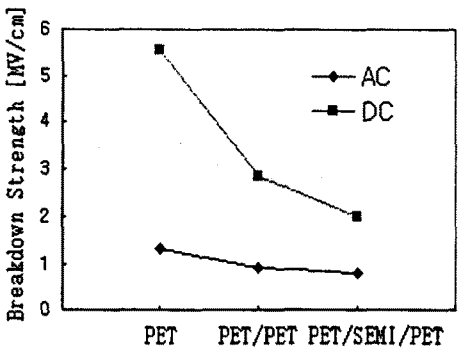


그림 3. 직류 및 교류 절연파괴강도의 비교

다음에는 계면을 갖는 필름들의 절연파괴강도를 각각 측정하였다. 그림 3는 PET, PET/PET, PET/반도전/PET필름의 직류 및 교류절연파괴강도를 나타냈다. 직류전압에 의한 절연파괴강도는 계면이 존재하면 현저하게 저하되는 결과를 나타내고 있다. 그러나 교류전압에 의한 절연파괴강도는 계면이 존재하면 직류보다 절연파괴강도의 저하가 완만하다. 직류전압하에서 계면에 따른 절연파괴강도의 저하는 계면에서 전하형성되어 나타나는 것으로 추정된다. 또한 각 필름에 있어서 절연파괴강도는 직류의 경우와 비교해서 교류가 현저하게 낮음을 알 수 있다.

3.2 필름의 전기전도 및 체적저항

앞에서 얻어진 계면이 존재하면 절연파괴강도의 저하는 전기전도의 특성에도 나타날 것으로 판단되어 일정전계하에서 전기전도를 평가하였다.

그림 4는 PET, PET/PET, PET/반도전/PET필름의 체적저항을 나타냈다. 이때의 전계는 (2kV/cm)이며, 10분후의 누설전류값으로 계산하였다. 그림에 나타난 바와같이 계면과 반도전층이 존재하면 역시 저항이 현저하게 저하되고 있다. 이와같은 계면은 전기전도측정에 있어서 한장의 PET필름에 비하여 계면이 존재하면 전하밀도의 증가에 의한 원인으로 저항의 감소가 나타나는 것으로 추정된다.

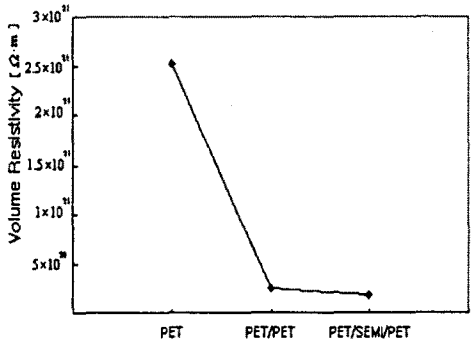


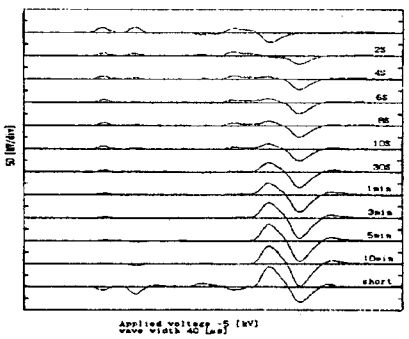
그림 4. 각 필름의 체적저항비교

또한 일정한 직류전계를 가한후 시간과 함께 누설전류는 PET, PET/PET, PET/반도전/PET피름의 순으로 빨리 나타난다. 이같은 누설전류의 특성은 앞에서도 언급한 계면에 형성되는 트랩의 효과로 판단된다. 이와같은 시료내의 트랩 형성을 측정하는 방법은 내부공간전하와 열자극전류의 측정에 의해서 가능하다. 따라서 계면을 갖는 시료의 내부공간전하를 각각 측정하였다.

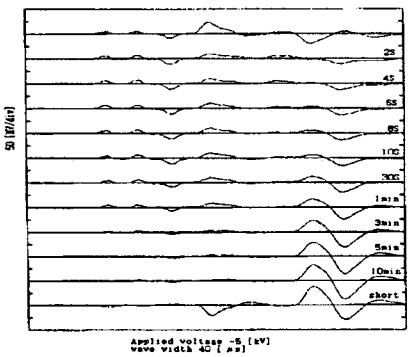
3.3 필름의 내부공간전하분포

시료내에 계면이 존재함에 따라서 절연파괴강도 및 전기전도의 변화는 내부공간전하의 형성분포에 크게 의존될 것으로 사료되어, PEA법을 이용하여 각 시료를 측정하였다.5) 이때의 측정조건은 -5kV를 시료에 직류전압을 10분동안 인가하면서, 40μs의 펄스를 가한후 공간전하분포를 그림 5에 나타냈다.

그림 5(a)(b)는 PET/PET, PET/반도전/PET필름의 각각의 공간전하분포이다. 이 결과로 부터 이미 보고된 바있는 필름의 공간전하분포를 비교하면,6) PET/PET필름의 분포는 내부에 공간전하분포가 형성되고 이 시간과 함께 소멸되는 현상을 나타내며, 반도전층을 갖는 필름도 내부공간전하의 형성이 두드러지게 나타나고 있음을 알 수있다. 이와같은 PET/PET필름에 비해서 내부의 공간전하는 형성은 체적저항의 감소를 일으키고, 절연파괴강도의 저하를 일으키는 것으로 생각된다.



(a) PET/ PET



(b) PET/SEMI/PET

그림 5. PET/PET와 PET/반도전/PET의 공간전하 분포

4. 결론

계면을 갖는 필름에 있어서 절연파괴강도와 체적저항의 변화를 내부공간전하의 측정을 통하여 정성적인 다음과 같은 결과를 얻을 수있었다.

1) PET필름에 있어서 체적저항은 계면과 반도전층이 존재하면 감소하고, 또한 절연파괴강도도 저하 된다.

2) 필름내에 반도전층이 존재하면 공간전하분포는 PET/PET에 비하여 공간전하형성이 크게 나타난다.

3) 계면을 갖는 필름의 전기적인 물성은 계면의 영향을 받으며, 계속적인 열자극전류 및 전기전도의 온도의존성을 평가중에 있다.

〔참고문헌〕

1) 角田, 他: Insulation 1990年 講演豫告集 ,155.

2) 岡本達希, 他 , "超高壓CVケーブルの半導電層界面の改良", 日本電力中央研究所報告

3) 出口, 他 : 1992年 日本電氣學會全國大會論文集, 1467

4) 藤井, 他 : "154kV CVケーブル用プレハブ接續箱の開發"古河電工時報.第184号 1989年 7月, 19

5) T. Maeno, et al., : "Measurement of Spatial Charge Distribution in Thick Dielectrics Using the Pulsed Electroacoustic Method" IEEE EI Trans. vol.23,pp433-439,1988

6) Y. Li, et al., : "Infuluence on Spatial Charge Distribution of Cross-Linking Agent Residues in XLPE" 1991 ICPADM, pp.1210-1213,1991

본 연구는 기초전력공학공동연구소의 중기과제지원에 의해서 수행되었습니다.