

## 변환기용 PET 박막의 전기적 특성

고길영, 김균식, 변두균, 박하용\*, 이충호\*\*, 홍진웅  
광운대학교, 삼척대학교\*, 충주대학교\*\*

### Electrical Properties of Polyethyleneterephthalate Film for Transducer

Keel-Young Ko, Gyun-Sik Kim, Doo-Gyoon Byun, Ha-Yong Park\*, Chung-Ho Lee\*\*, Jin-Woong Hong.  
KwangWoon Uni., \*SamCheok Uni., \*\*ChungJu Uni.

#### Abstract

In this paper, we have investigated the physical, dielectric and electrical conduction properties of polyethylene terephthalate(PET) film due to temperature variation. From FT-IR spectrum as an analysis of physical properties, the strong absorption in wavenumber 1019[cm<sup>-1</sup>], 1266[cm<sup>-1</sup>], and 1752[cm<sup>-1</sup>] observed by the C=O and benzene ring. the characteristics of volume resistivity used to highmegohm meter is measured from 1 to 10 minutes when the specimen applied the voltage according to the step voltage applying method. and dielectric characteristics were measured in the temperature range from room temperature to 120[°C] due to frequency variation.. also we measured in the voltage rang of 1[V] to 20[V] according to the voltage application method.

**Key Words** : Polyethylene terephthalate(PET), dielectric characteristics, volume resistivity, FT-IR.

#### 1. 서 론

최근 합성과학의 진보와 산업의 급속한 발달로 우수한 고분자 신소재 물질이 나날이 많이 개발되고 있으며 그 중에서도 고분자 전기절연재료에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 고분자 재료는 우수한 전기적 절연성과 유전 특성 및 기계적 특성을 가지고 있고 가공성, 내화학성이 우수하여 미소전압의 소자에서부터 초고압변성기, 그리고 전자부품의 재료에까지 폭넓게 이용되어지고 있다. 이런 고분자 물질의 수요가 많아짐에 따라 고분자 재료에 대한 연구개발 및 물성 연구가 계속되어지고 있다. 이들 고분자중 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)는 우수한 전기적, 기계적, 성질 및 내수성 및 내구성을 가진 고분자 화합물로서 산업용, 콘덴서 절연재료용, 의료센서용 등 각종 절연재료 및 유전재료로 활용되고 있으며 센서재료도 연구 개발되어지고 있다.[1-4]

본 연구에서는 최근 주목받고 있는 유전특성과 열 특성이 우수한 변환기용 PET 박막을 시료로

선정하였으며, 주파수와 인가전압 및 온도변화가 PET박막의 전기적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 체계고유저항 특성과 유전 정접에 대하여 실험하였다.

#### 2. 시료 및 실험

##### 2.1 시료

PET(Polyethylene terephthalate)는 강인성, 내열성, 내약품성, 안정성, 투명성, 전기절연성 등이 우수하여 커패시터의 유전재료나 변환기(transducer)용 재료로 폭넓게 사용되고 있다. 보통은 원료로서 테레프탈산과 디메틸을 사용하고 에스테르 교환반응으로서 중합체를 얻는다. PET는 260[°C]에서 용융되는 유극성 고분자로서 비정질의 유리전이온도는 67[°C]이며, 결정질은 117[°C]에서 나타난다. 그리고 PET의 구조식은 여러 종류가 있는데 폴리에틸렌테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate)의 단량체 구조식의 (CH<sub>2</sub>)<sub>x</sub>에서 x=2 의 경우에 해당된다.[5-6]

시료 PET 박막은 결정성을 가지고 있으며 빛이나 열에 대하여 안정하고 산, 알칼리 및 산화제에 대해서도 저항성이 크다. 본 연구에 사용된 시료 인 변환기용 PET 박막은 한쪽 면을 Cr으로 증착한 두께 80[ $\mu\text{m}$ ]를 사용하였다.

## 2.2 실험

변환기용 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) 박막의 전기적 특성인 체적고유저항특성 및 유전 정점을 측정하기 위하여 다음과 같은 장치를 사용하였다.

체적고유저항특성 실험에 사용된 측정 장치는 미소전류계 Highmegohm meter(ANDO Co. Medel VMG-1000)를 사용하였으며, 유전특성 실험에 사용된 측정 장치는 유전정점 측정장치(HEWLETT PACKARD Co. LCR METER 4284A)를 사용하였으며, 시료의 가열은 온도 조절 장치를 내장한 오븐(ANDO Co. TO-9B)을 사용하였다. 체적고유저항 측정은 온도 범위를 상온에서 130[ $^{\circ}\text{C}$ ]와 전압 범위 100[V]~1,000[V]에서 체적고유저항 특성을 측정하였으며, 유전특성 측정은 주파수범위 30[Hz]~1[MHz]와 온도범위 상온~130[ $^{\circ}\text{C}$ ], 인가전압 범위 1[V]~20[V]을 단계별로 변화시켜 변환기용 PET 박막의 유전특성의 주파수 의존성과 온도 의존성에 대하여 실험하였다.

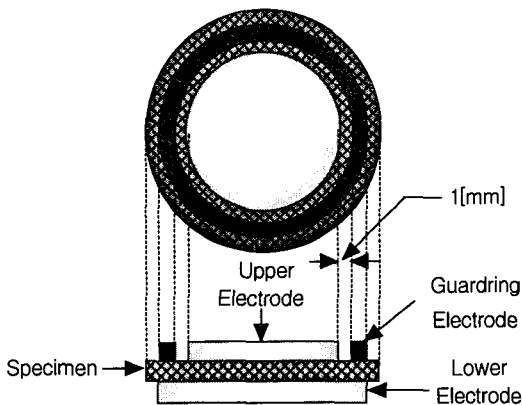


그림 1. 전극의 구성.

Fig. 1. The configuration of electrode.

실험에 사용된 전극은 그림 1과 같이 상부전극은 주 전극 38[mm $\phi$ ]과 가드링 전극(내경 40[mm $\phi$ ], 외경 80[mm $\phi$ ])으로 되어있고 하부전극은 Cr으로

증착하여 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 시료의 물성분석

시료의 광학적 방법으로 물성을 조사하기 위하여 두께80[ $\mu\text{m}$ ]에 대하여 적외선 흡수를 조사하였다. FTIR 흡수 스펙트라에서 파수 1450[ $\text{cm}^{-1}$ ]  $\text{CH}_2$ , 1380[ $\text{cm}^{-1}$ ] CH의 변형 진동(deformation vibrations)의 기여로 피크가 나타나는 것으로 보고하고 있다. 본 시료는 파수 1752[ $\text{cm}^{-1}$ ]에서는 C=O 기의 신축운동 기여로 피크가 나타나고 파수 1266[ $\text{cm}^{-1}$ ]에서는 =C-O기의 신축운동 기여와 그리고 1019[ $\text{cm}^{-1}$ ]에서 벤젠환의 진동 기여로 흡수 피크가 나타남을 확인하였다. 일반적으로 PET의 용점( $T_m$ )은 승온속도를 20[ $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ]으로 분석하여 245[ $^{\circ}\text{C}$ ]와 비정질 유리전이온도( $T_{ga}$ )는 67[ $^{\circ}\text{C}$ ]로 보고하고 있고, 본 시료의 열 분석(DSC)은 승온속도 5[ $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ]으로 하여  $T_{ga}$ 는 약 80[ $^{\circ}\text{C}$ ]부근에서 나타나고  $T_m$ 은 263[ $^{\circ}\text{C}$ ]에서 나타남을 확인하였다.[7-8]

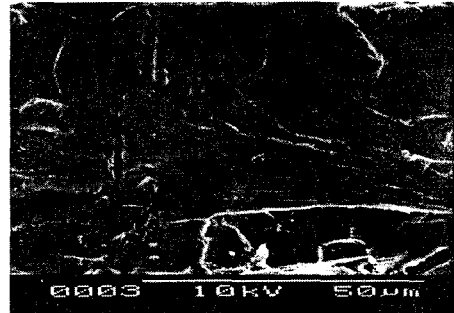


그림 2. 시료의 파단면.

Fig. 2. Cross section of specimen.

그림 2는 시료의 고체구조를 알아보기 위하여 전자현미경을 이용하여 시료의 파단면을 800배로 확대한 것이다. 그림2에서 시료는 결정성 고분자로 상당량의 결정질과 비정질 영역이 혼재하고 있는 것을 확인하였다.

### 3.2 체적고유저항 특성

시료의 전기적 특성 중 체적고유저항의 온도의 온도특성을 조사하기 위하여 상온 ~ 130[ $^{\circ}\text{C}$ ], 전압 100[V] ~ 1,000[V]를 인가하고 1, 5, 10분 경과 후 전기적 특성을 조사하였다

그림 3과 4는 전압을 인가하고 1, 10분 후의 체적

고유저항의 온도의존특성을 나타낸 그림이다.

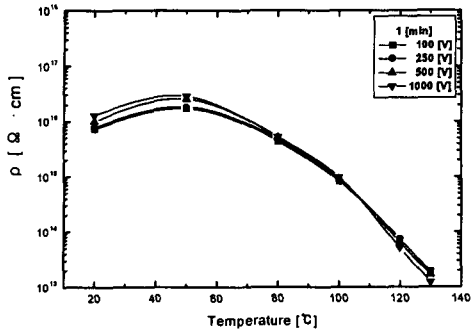


그림 3. 체적고유저항의 온도의존성(1[min]).

Fig. 3. Temperature dependence of volume resistivity(1[min]).

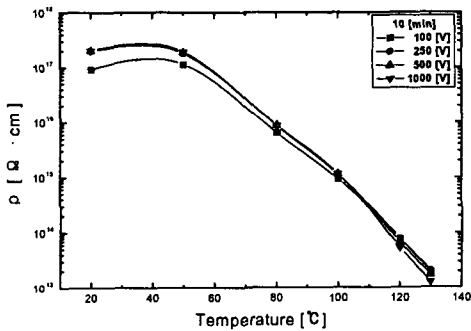


그림 4. 체적고유저항의 온도의존성(10[min]).

Fig. 4. Temperature dependence of volume resistivity(10[min]).

그림 3은 시료의 인가전압에 대한 1분 후의 온도변화에 따른 체적고유저항을 측정한 그림으로 저온영역(60[°C]이하)에서는 전자성 전도보다는 이온성 전도가 주 기여를 이루므로 체적고유저항이 약간 상승하는 것을 확인 할 수 있다. 측정온도가 60[°C]이상으로 높아지면 체적고유저항 특성은 선형적으로 감소함을 알 수 있다. 이 같은 특성은 시료의  $T_{ga}$ 가 일반적으로 67[°C]이기 때문에 전체에너지 보다 열에너지가 크기 때문에 고온영역에서 선형적으로 감소하는 것으로 사료된다.

그림 4는 그림3과 유사하나 전압에 대한 10분 후의 체적고유저항을 측정한 실험으로 저온영역에서 인가전압이 높아지면 체적고유저항은 증가함을 확인하였다. 그러나 고온영역(100[°C]이상)에서는 체적고유저항이 전압에 대하여 낮아짐을 확인하였다.

### 3.3 유전 특성

시료의 유전정점 특성을 실험하기 위하여 주파수 범위 30 ~  $1 \times 10^6$ [Hz], 온도범위 상온 ~ 130[°C], 인가전압 1~20[V]범위에서 측정하고 온도의존성과 주파수의존특성에 대하여 조사하였다.

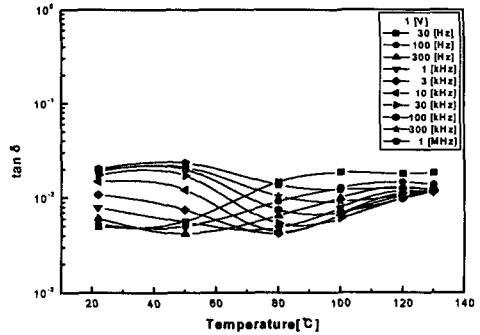


그림 5. 유전정점의 온도의존성(1[V])

Fig. 5. Temperature dependence of tan δ (1[V])

그림 5와 6은 인가전압 1[V], 20[V]에 대하여 유전정점의 온도의존성에 대하여 실험한 것의 결과이며 그림 7과 8은 유전정점의 주파수의존성에 대하여 실험한 결과이다.

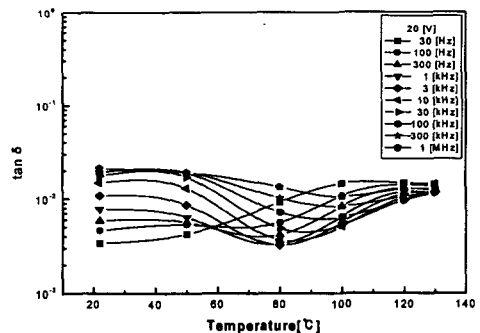


그림 6. 유전정점의 온도의존성(20[V]).

Fig. 6. Temperature dependence of tan δ (20[V]).

그림 5와 6에서 나타나듯이 시료의 변곡점 온도는 약 60[°C]근처에서 나타나는 것을 확인하였다. 이것은 PET의 비정질 유리전이온도가 67[°C]이기 때문으로 나타나는 것으로 사료된다. 저온영역에서는 주파수가 증가하면 유전손실이 증가함을 확인 할 수 있고, 고온영역에서는 주파수가 증가하면 유전손실이 감소함을 확인 할 수 있다.

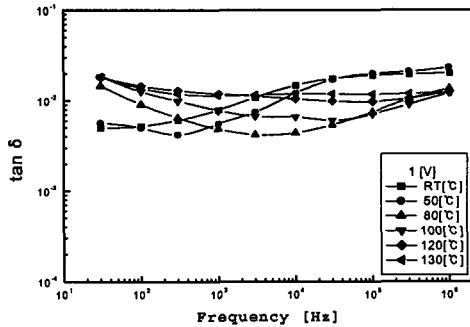


그림 7. 유전정접의 주파수의존성(1[V]).

Fig. 7. Frequency dependence of  $\tan \delta$  (1[V]).

그림 7과 8은 인가전압 1[V], 20[V]에 대한 유전정접의 주파수 의존성으로 주파수가 높아지면 80 [°C]이하 저온영역에서는 유전손실이 증가하나 고온영역에서는 약간 감소함을 확인하였다.

또한 측정조건에서 10[kHz]이상의 수백 [kHz]부근에서 최대값이 나타남을 확인 할 수 있었다.

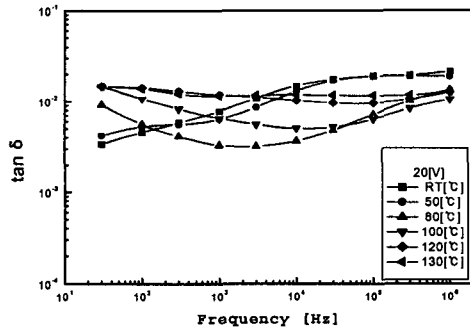


그림 8. 유전정접의 주파수의존성(20[V]).

Fig. 8. Frequency dependence of  $\tan \delta$  (20[V]).

그림 8은 인가전압 20[V]에 대한 주파수 의존성으로 저온영역에서는 주파수가 증가함에 따라 유전손실이 증가함을 확인 할 수 있고 고온영역에서는 온도가 높고 인가전압이 높기 때문에 시료의 도전특성의 변화가 적어 유전특성이 일정하게 나타남을 확인하였다.

#### 4. 결론

주파수와 인가전압 및 온도변화가 변환기용 PET 박막의 전기적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위

하여 물성분석 및 유전 정접과 체적 고유저항 특성에 대하여 실험한 결과

1. 시료는 결정성 고분자로 상당량의 결정질과 비정질 영역이 혼재하고 있는 것을 확인하였다.
2. 승온속도 5[°C/min]로 하여 유리전이온도( $T_{ga}$ )는 약 80[°C]부근에서 나타나고 용점( $T_m$ )은 263[°C]에서 나타남을 확인하였다.
3. 온도 60[°C]이상의 고온영역에서는 저항률은 선형적으로 감소한다.
4. 유전특성에서 변곡점은 약 60[°C] 부근에서 나타나고 손실 최대 값은 고주파수 영역에서 나타남을 확인하였다.

#### 참고 문헌

- [1] A.R. Blythe, "Electrical properties of polymers" Cambridge Univ. press, New York, pp.88-140, 1982.
- [2] M. Ikeda, Y. Umeshima, Y. Tanaka and T. Tanaka, "Development of New Crosslinked Polyethylene for DC Power Cable Insulator", 1995 CEIDP, pp.403-406, 1996.
- [3] F.W. Billmeyer, "Textbook of Polymer science", John Wiley and Son, New York, pp.229-261, 1984.
- [4] 家田 正之, "高分子の電氣物性とその應用", 日本電氣學會, pp. 27-52, 1972.
- [5] K. YAHAGI and S. KATAKAI, "Electrical Breakdown in Polymer and It's Morphology", 應用物理, Vol 53, No. 6, pp. 493-497, 1983.
- [6] 日本分析化學會, "高分子分析 핸드ブック", 朝倉書店, pp. 39-120, 1989.
- [7] J.I.Youn, H.T.Shin, J.W.Hong 한국전기전자재료학회 "2002년도 추계학술대회 논문집" Vol. 15, pp.224-227, 2002.
- [8] J. Mort and G. Pfister, "Electronic properties of polymers", John wiley and sons, New York, 1984.