

PE 및 PP혼합 재료의 표면저항에 미치는 습도효과

Humidity effects on surface resistivity in PE and PP mixtures

강전홍*, 유광민*, 김한준*, 한상옥**, 김종석*

(Jeon Hong Kang*, Kwang Min Yu*, Han Jun Kim*, Sang Ok Han**, Jong Suk Kim**)

Abstract

The surface and volume resistivity in the polymers, PE(polyethylene) and PP(polypropylene) mixtures are tested and measured by the ASTM D257(KS M3015) standard. Humidity effects on surface and volume resistivity in two polymers have been studied qualitatively at room temperature. The results of resistivity in these polymers show that the values of surface resistivity (and volume resistivity) at the humidity of 90 % are remarkably small compared with those at the humidity of 50 %, in depending on applied voltage. When we varied the humidity in two polymers, it was found to takes many hours to recover into original surface resistivity (and volume resistivity) of these polymers.

Key Words: ASTM D257

1. 서 론¹⁾

고체 유전체의 표면 및 체적 저항율을 측정하는 방법은 주로 ASTM D257(KS M3015)규격에 의한다. 이 방법은 비교적 정확하게 측정할 수 있는 측정 방법이지만 측정하고자하는 시료의 상태나 조건에 따라 측정의 정확도가 크게 달라질 수 있으므로 주의를 기울여야 한다. 특히 시료와 전극간의 접촉이 부적절한 경우에는 측정값의 불안정으로 인하여 정확한 측정을 할 수 없다. 측정방법은 3단자 전극으로 구성되어 Hi단자와 Lo단자 사이에 전류계(picoammeter 또는 electrometer)를 직렬로 연

결한 후 누설 전류로 인한 오차요인을 감소시키기 위하여 guard 단자를 접지 시킨 후 시험전압을 공급하여 전류를 측정한다. 정확한 측정을 위해서 준비가 요구되는 시료는 전극 면에 접촉이 잘 이루어질 수 있도록 표면이 매끄럽고 두께가 균일한 것이어야 한다. 또한 시료와 전극간에 접촉이 잘 안되어 나타날 수 있는 측정 불확도를 줄이기 위하여 은분(silver paste)을 사용하여 전극을 구성하여 시험하기도 한다. 이러한 방법은 시료의 불균일성으로 인하여 접촉이 불안정할 수 있는 요인을 완전히 배제하고 시료의 전극과 측정기 전극과의 접촉을 확실하게 해주기 때문에 은분(silver paste)으로 전극이 구성되지 않은 시료에 비해 훨씬 안정된 측정값을 얻을 수 있다. 또한 근래에 많이 사용되고 있는 표면저항 측정기는 hand held용으로서 두 개의 평행판 전극으로 구성되어 쉽게 표면저항을 측정할 수 있으나 정확도가 떨어지는

* : 한국표준과학연구원 전·자기그룹

(대전시 유성구 도룡동 1번지)

Fax: 042-868-5018

E-mail: jhkang@kriss.re.kr

** : 충남대학교 전기공학과

*** : 한밭대학교 전기공학과

단점이 있으며, 주로 대략적인 측정값에 의존한다. 측정에 있어서 중요한 점은 주위의 환경요인으로서 온도 및 습도의 영향에 따라 측정값이 크게 좌우될 수 있다. 일반적인 시험환경의 조건은 주로 상온 23 ℃, 습도 50 %범위이나 산업 현장에서는 계절적인 요인과 작업장의 조건에 따라서 이러한 조건들을 만족시키기 어렵다. 특히 유전체는 습도조건에 따라 표면 및 체적 저항율의 큰 변화가 예상되어 본 연구는 습도조건에 따른 PE 혼합재료와 PP혼합 재료에 대하여 습도 조건에 따른 저항율의 변화를 고찰하였으며, ASTM D257 규격에 의하여 시험하였다[1].

2. 실험방법 및 이론

2.1 표면 및 체적 저항율 측정 전극구조

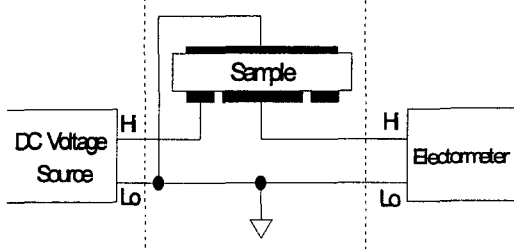


그림 1. 표면 저항율 측정 구성도

Fig. 1. Schematic diagram for surface resistivity.

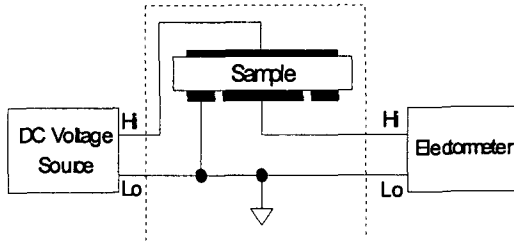


그림 2. 체적 저항율 측정 구성도

Fig. 2. Schematic diagram for volume resistivity.

상기 그림 1, 2는 guard 전극을 포함한 3-단자 전극구조로서 표면 및 체적 저항율을 측정하는 ASTM D257(KS M3015)규격의 전극구조이다[1]. 실험 방법은 온도를 상온 23 ℃로 고정시키고 습도 조건만 조절할 수 있는 습도 챔버를 사용하였으며 습도조건에서 최소 24시간 동안 환경에 적응시킨 후 시험하였다. 또한 습도 90 %조건에서의 시험은 적응시간에 따라 저항율의 추이를 고찰하

였으며, DC 전압원은 Meter Calibrator(Fluke 5720A), 전류계는 Electrometer(Keithley 6517A)를 사용하였다. 또한 본 실험에 적용된 시험전극은 Keithley사의 ASTM D257(KS M3015)규격에 따른 test fixture를 사용하였으며, 정리된 표면 저항율의 계산식은 $R_s = (53.4 \times V)/I$ [Ω/sq]이고, 체적 저항율의 계산식은 $R_v = (22.9 \times V)/(t \times I)$ [$\Omega \cdot \text{cm}$]이다. 여기서 PE 혼합시료의 두께 $t = 0.13$ cm 이고, PP 혼합시료의 두께 $t = 0.116$ cm 였다. 습도에 따른 저항율의 변화는 온·습도의 조건에 따라 재료의 표면과 내부에 흡착되는 수소분자와 산소분자 등의 이온결합에 의하여 비례적으로 증가 또는 감소할 것으로 예상되며, 전극과 전극사이에 전압이 공급되면 수분의 흡착 정도에 따라 전하의 이동 속도가 달라지게 되어 저항율이 변하게 된다. 또한 전압 의존성에 대한 고찰을 하기 위하여 DC 100 V와 500 V를 공급하여 측정하였다.

2.2 전극의 구성

본 실험은 측정시 시료와 전극간의 접촉에서 올 수 있는 측정 불확도 요인을 최소화하고 안정된 측정값을 얻기 위하여 ASTM D257 규격에 따른 전극구성용 실크스크린을 제작하여 PE와 PP sheet에 은분(silver paste)을 스크린 방법으로 입히고 그림 3의(a)(b)와 같이 전극을 구성하였다.

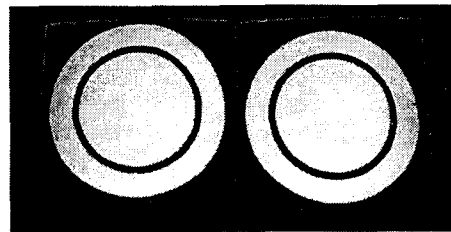


그림 3(a). 구성된 전극의 윗면

Fig. 3(a). Electrode pattern of upper surface.

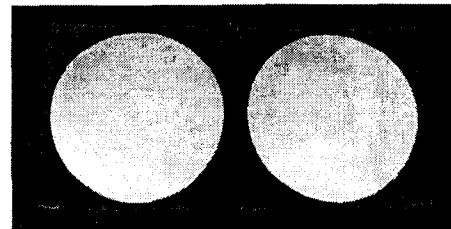


그림 3(b). 구성된 전극의 아래면

Fig. 3(b). Electrode pattern of lower surface.

3. 실험 결과

순수한 PE와 PP시료가 아닌 PE 혼합시료와 PP 혼합시료에 대하여 시험전압을 100 V와 500 V에서 습도의 조건에 따라 표면 및 체적 저항율을 측정하였으며, 그 측정 결과를 그림 4, 5에 각각 나타냈다. 그림에 나타낸 바와 같이 습도의 조건이 50 %일 때 보다 90 %일 때 표면 및 체적 저항율이 급격히 감소함을 나타내고 있으며, 이는 습도가 증가함에 따라 수분이 시료의 표면 및 내부에 흡착, 침투하여 전류의 흐름이 보다 용이해져 저항율이 감소하는 것으로 추정된다. 또한 그림의 내부에 나타낸 그림은 습도조건을 90 %에서 50 %로 변화시켰을 때 저항율이 원래의 값으로 회복하는데 많은 시간(100 시간 이상)이 소요되고 있음을 보여준다[2].

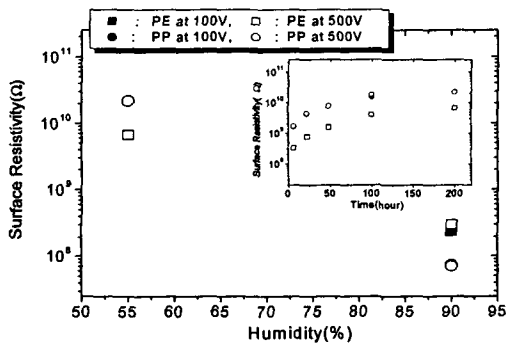


그림 4. 습도 조건에 따른 표면 저항율의 변화
Fig 4. Change of surface resistivity as a function of humidity.

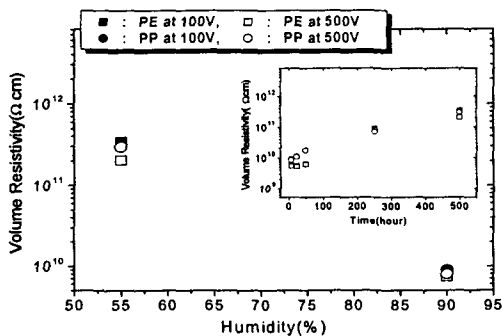


그림 5. 습도 조건에 따른 체적 저항율의 변화
Fig 5. Change of volume resistivity as a function of humidity.

4. 결론

PE 와 PP 혼합시료에 대하여 습도조건에 따라 저항율에 미치는 습도효과에 대하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 습도가 증가함에 따라 표면 및 체적 저항율이 감소하였다.
2. 습도 90 %에서의 표면 및 체적 저항율이 습도 50 % 환경의 저항율로 회복하는데는 적어도 100 시간 이상 소요된다.
3. 향후 여러 종류의 재료에 대하여 온·습도의 영향에 따른 저항율의 변화에 대한 체계적인 연구가 요구된다.

참고 문헌

- [1] ASTM D 257-93(Reapproved 1998) "Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials"
- [2] Field, R. F., "How Humidity Affects Insulation, Part I, D-C Phenomena." General Radio Experimenter, Vol 20, Nos. 2 and 3, July-August, 1945.