

선형 저밀도 폴리에틸렌/에틸렌 비닐아세테이트 블렌드 박막의 체적고유저항 특성

The Volume Resistivity Characteristics of Linear Low Density Polyethylene/Ethylene Vinyl Acetate Blend Film

이태훈	광운대학교 전기공학과
신종열	삼육의명대학 자동차정비과
오세영	광운대학교 전기공학과
이충호	충주산업대학교 전기공학과
이용우	대덕대학 전기공학과
홍진웅	광운대학교 전기공학과

Tae-Hoon Lee	Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon University.
Jong-Yeol Shin	Dept. of Automobile Maintenance, Sahmyook Uimyung College
Se-Young Oh	Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon University
Chung-Ho Lee	Dept. of Electrical Eng., Chungju National University
Yong-Woo Lee	Dept. of Electrical Eng., Taedok College
Jin-Woong Hong	Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon University

Abstract

In this paper, the physical and the volume resistivity properties due to linear low density polyethylene(LLDPE)/ethylene vinyl acetate(EVA) blends are studied. In order to measure the volume resistivity properties, the micro electrometer is used, the range of temperature and applying voltage are 25 to 120[°C], from 100 to 1000[V] respectively. From FT-IR spectrum, LLDPE blended with EVA shows an absence of carbonyl and ether groups. From the experimental result of the volume resistivity properties, it is confirmed that the volume resistivity is decreased, which was attributed to the increase of molecular motions with the increase of temperature.

1. 서론

도시의 광역화 및 인구집중이 가속화되면서 환경 문제와 안보, 그리고 전력의 안정적인 공급과 신뢰성의 확보라는 측면에서 전력용 케이블의 지중화는 빠르게 이루어지고 있다. 특히 전력케이블의 성능은 고체 절연재료의 절연성능에 직접적으로 좌우되는 것으로 장가 신뢰성 측면에서 많은 연구가 되어지고 있다^[1].

폴리에틸렌(polyethylene)은 절연체로 여러 분야에서 사용되지만, 트리발생과 공간전하 축적이라는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제들은 적절한 고분

자와의 블렌드를 통하여 해결될 수 있게 되었다. 예를 들면 에틸렌 비닐아세테이트(ethylene vinyl acetate, 이하 EVA) 공중합체와 블렌드는 폴리에틸렌에서 트리의 진전을 막는 효과를 나타내는 것으로 보고되어졌다^[2].

선형 저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, 이하 LLDPE)은 열적특성이나 내환경성 등이 우수한 물질이며 cable sheath 등의 재료로써 일부 사용되고 있다.

일반적으로 EVA는 폴리에틸렌에 비해 저온에서

의 유연성(flexibility), 내균열성(stress-crack resistance), 인성(toughness), 충격강도(impact strength) 등이 뛰어난 특성을 가지고 있다. EVA는 VA의 함량이 0.5에서 90[wt%]까지의 여러 종류가 있으며, VA함량이 증가할수록 결정화도가 낮아지고, 유연해지므로 연신률이 좋아지며, 내후성은 저밀도 폴리에틸렌보다 매우 우수하여 전선절연재료나 코팅재료, 핫 멜트접착제 등 많은 분야에 활용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 LLDPE/EVA 블렌드를 50:50, 60:40, 70:30, 80:20의 혼합비율로 제조한 후 이 블렌드에 따른 물성과 전기적 특성을 고찰하였다.

2. 실험

2-1. 시료

본 실험에 사용된 고분자 혼합물은 H사의 제품인 LLDPE와 S사 제품의 EVA를 전자저울을 사용하여 각각 50:50, 60:40, 70:30 및 80:20의 혼합비로 칭량한 것을 서로 충분히 섞이게 하기 위해 교반기로 고르게 혼합한 후 핫 프레스(hot press)를 사용하여 온도 120[°C], 압력 250[kgf/cm²]로 5분간 가압 프레스하여 200[μm]의 시트상으로 제작하였다.

표 1. 시료의 물성

Sort of sample	LLDPE	EVA
Melt index [g/10min]	1.2	1.02
Density [g/cm ³]	0.921	-
Tensile strength [kg/cm ²]	96/173	-
Elongation rate [%]	648	-
VA content [%]	-	12.5
Product Co.	H Co.	S Co.

2-2. 체적고유저항특성 실험

전극은 상부전극으로 주전극 37[mmΦ]과 가드링 전극(내경 55[mmΦ], 외경 70[mmΦ])과 하부전극 87[mmΦ]으로 구성되어 있으며 그림 1과 같다.

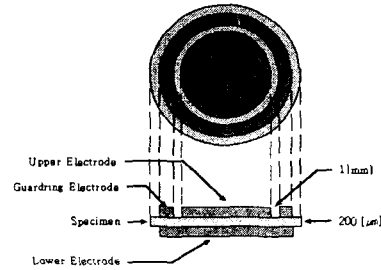


그림 1. 전극 구성

체적고유저항을 측정하기 위한 실험장치의 구성도를 그림 2에 나타내었다.

체적고유저항의 측정은 미소전류계인 Highmegohm meter(ANDO Co. Model VMG-1000)을 이용하였으며, 온도조절 장치를 내장한 오븐(ANDO TO-9B)를 이용하였다. 측정 방법은 Step 인가법에 따라서 전압을 인가한 후, 10분이 경과한 다음 시료의 체적고유저항을 측정하였다.

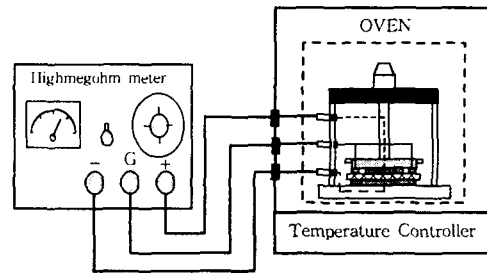


그림 2. 체적고유저항 측정을 위한 실험 장치의 개략도

3. 결과 및 고찰

3-1. 물성분석

시료의 분자구조 및 물성을 분석하기 위하여 FT-IR을 이용하였으며, 각 시료에 대한 FT-IR spectrum을 그림 3에 나타내었다.

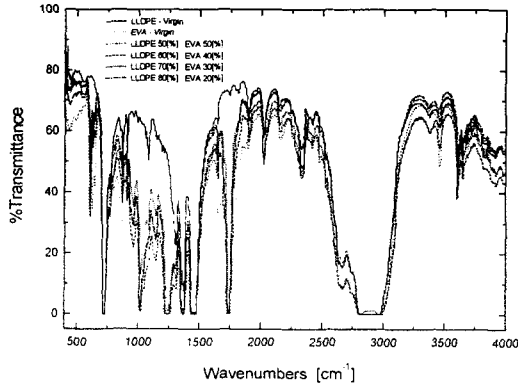


그림 3. 시료의 적외선 분광

LDPE 시료 내의 methyl 기의 진동에 의한 적외선 흡수에 대해서는 Nielson 등의 논문에서 CH₂에 의한 강한 흡수가 나타나는 파수는 720[cm⁻¹], 731[cm⁻¹], 1463[cm⁻¹], 1473[cm⁻¹] 등으로 보고하고 있으며^{[3][4]}, 이를 고려해 볼 때 파수 700~730[cm⁻¹], 1470[cm⁻¹]에서 확인된 강한 흡수는 methyl 기(CH₂)에 의해 나타나는 것으로 생각된다.

EVA를 블렌드한 시료에서는 LLDPE에 없었던 1735[cm⁻¹](carbonyl C=O), 1242[cm⁻¹](ether C-O) 영역의 흡수가 나타나며 그 크기는 블렌드한 EVA의 양에 따라 달라짐을 확인하였다.^[5]

3-2. 체적고유저항 특성

두께 200[μm]인 원시료와 블렌드한 시료의 전기전도 특성을 연구하기 위하여 각 시료들의 체적고유저항을 측정하였다.

전압 100[V], 250[V] 인가시 각 시료에 대한 체적고유저항의 온도 의존성을 그림 4, 5에 나타내었다.

온도 60[°C]이상의 영역에서는 250[V] 이하로 인가전압이 낮으면 원시료들의 체적고유저항이 블렌드한 시료들에 비해 낮은 체적고유저항을 나타내며 온도가 증가할수록 점차 감소되어, 블렌드한 시료들에 비해 온도 의존성이 강하게 나타남을 확인할 수 있다. 블렌드로 인해 많은 전하의 트랩 중심이 형성되고 도전성 캐리어들은 트랩에 포획되어 안정하게 존재하나 온도의 증가에 따른 여기에너지의 증가로

도전성에 기여하기 때문에 원시료들은 온도 증가에 따라 블렌드한 시료들과 달리 체적고유저항이 급격하게 저하되는 것으로 생각된다.

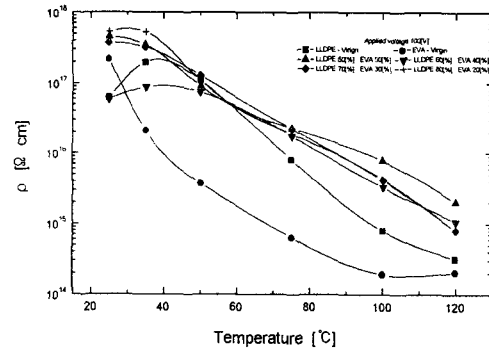


그림 4. 인가전압 100[V]에서 각 시료에 대한 체적고유저항의 온도 의존성

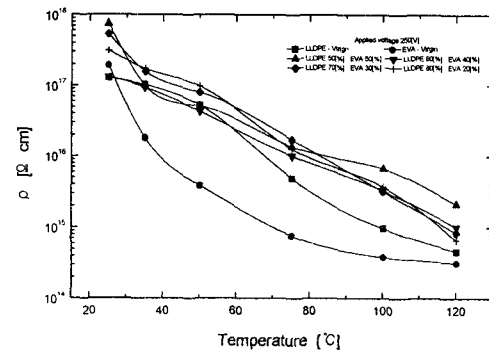


그림 5. 인가전압 250[V]에서 각 시료에 대한 체적고유저항의 온도 의존성

전압 500[V], 1000[V] 인가시 각 시료에 대한 체적고유저항의 온도 의존성을 그림 6, 7에 나타내었다.

인가전압 500[V] 이상으로 인가전압이 높아지면 온도 45[°C]이상의 영역에서는 블렌드에 의해 발생된 다수의 트랩 중심의 영향으로 원시료들에 비해 블렌드한 시료들의 체적고유저항이 크게 나타나며, 인가전압이 높아져도 온도 의존성은 블렌드한 시료들에 비해 강하게 나타남을 확인할 수 있다.

온도가 고온 영역으로 갈수록 원시료들의 체적고

유저항은 크게 감소하는 것을 확인할 수 있으나, 인가전압이 높아지면서 블렌드한 시료들과 원시료들 간의 체적고유저항 차이가 다소 나타남을 확인할 수 있는데, 이는 블렌드에 의해 생성된 많은 트랩 중심으로 인해 도전성 캐리어들이 트랩에 포착되어 장시간 유지 됨으로 인해 체적고유저항이 상승하는 것으로 생각된다.

50:50 블렌드한 시료는 체적고유저항이 다른 시료들에 비해 온도변화에 안정한 것으로 생각된다.

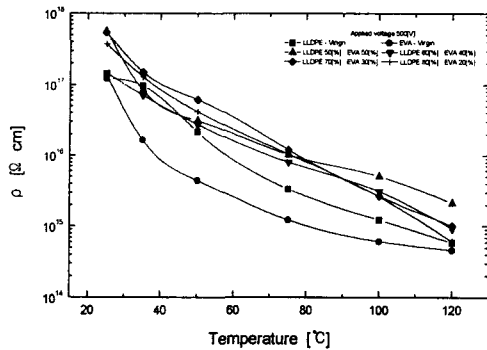


그림 6. 인가전압 500(V)에서 각 시료에 대한 체적고유저항의 온도 의존성

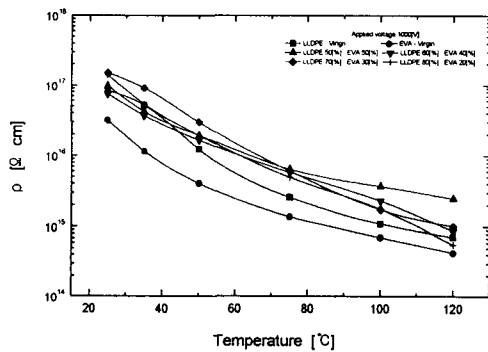


그림 7. 인가전압 1000(V)에서 각 시료에 대한 체적고유저항의 온도 의존성

4. 결론

두께 200[μm]인 선형 저밀도 폴리에틸렌·에틸렌 비닐아세트 원시료와 블렌드한 각각의 50:50, 60:40, 70:30, 80:20인 시료들에 대해 물성분석 및 전기적 특성 실험을 하였으며, 그 연구 결과는 다음과 같다.

시료의 고체 구조 변화를 조사하기 위한 물성분석으로 FT-IR spectrum으로부터 methyl 기 (CH_2)에 의한 파수 $700\sim 730[\text{cm}^{-1}]$, $1470[\text{cm}^{-1}]$ 에서 강한 흡수를 볼 수 있으며, EVA를 블렌드한 시료에서는 LLDPE에 없었던 $1735[\text{cm}^{-1}]$ (carbonyl C=O), $1242[\text{cm}^{-1}]$ (ether C-O) 영역의 흡수가 나타났다.

시료의 전기적 특성을 연구하기 위해 체적고유저항 측정 결과로부터 고체구조의 결합과 함께 많은 트랩 중심이 형성되어 온도 $35[^\circ\text{C}]$ 이상의 온도로부터 결정의 용융까지는 체적고유저항율이 급격히 감소하는 것을 알 수 있었으며, 시료들의 결정 용융이상의 온도에서는 다소 저하되는 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] K. S. Suh, C. R. Lee, "지중 배전 전력케이블용 절연재료의 개발동향" Proceedings of KIEE. Vol. 46, No. 4, pp 34-39, 1997
- [2] K. S. Suh, J. Y. Kim, C. R. Lee, "Space Charge in Polyethylene/Ethylene Vinylacetate Laminates and Blends", Trans. KIEE. Vol. 45, No. 6, pp. 836-843, 1996
- [3] J. R. Nielson, R. F. Holland ; J. Mol. Spectr., 4, 488, 1960.
- [4] J. R. Nielson, R.F. Holland ; J. Mol. Spectr., 6, 394, 1961.
- [5] J. H. Lee, K. S. Suh, M. K. Han, "Water Tree Retardation and Electrical, Mechanical Properties of EVA Blended XLPE", Trans. KIEE. Vol. 42, No. 7, pp. 53-60, 1993.
- [6] I. Ray and D. Khastgir, "Correlation between Morphology with Dynamic Mechanical, Thermal, Physicomechanical Properties and Electrical Conductivity for EVA-LDPE Blend", Polymer, Vol. 34, pp 2030-2037, 1993.