

아세틸렌블랙 함량에 따른 반도체 재료의 체적저항과 열전도 특성

양종석, 이경용, 최용성, 박대희
원광대학교

Volume Resistivity and Thermal conductivity of Semiconducting Materials by Acetylene Black

Jong-Seok Yang, Kyung-Yong Lee, Yong-Sung Choi, Dae-Hee Park
Wonkwang University

Abstract : To improve mean-life and reliability of power cable, we have investigated volume resistivity and thermal conductivity showed by changing the content of acetylene black which is the component parts of semiconductive shield in underground power transmission cable. The sheets were primarily kneaded in their pellet form material samples for 5 minutes on rollers ranging between 70[°C] and 100[°C]. Then they were produced as sheets after pressing for 20 minutes at 180[°C] with a pressure of 200[kg/cm]. The content of conductive acetylene black was the variable, and their contents were 20, 30 and 40[wt%], respectively. Volume resistivity of specimens was measured by volume resistivity meter after 10 minutes in the preheated oven of both 25[°C] and 90[°C]. Thermal conductivity was measured by Nano Flash Diffusivity. The measurement temperatures of thermal conductivity using Nano Flash Diffusivity were both 25[°C] and 55[°C]. From these experimental results, volume resistivity was high according to an increase of the content of acetylene black. And thermal conductivity was increased to an increase of the content of acetylene black. And thermal conductivity were increased by heating rate because volume of materials was expanded according to rise in temperature.

Key Words : XLPE, Semiconducting Materials, Volume Resistivity, Thermal Conductivity

1. 서 론

최근 전력수요의 증가와 함께 전력설비의 대용량화가 진행되고 있으며, 전력수송을 위한 송배전선에 있어서도 전력케이블의 수요가 급격하게 확대되고 있다[1]. 특히, 대도시에 있어서 송배전의 지중화는 필수적이므로 전력 케이블의 높은 신뢰성이 요구되고 있다.

오늘날 국내에서 사용되고 있는 154kV XLPE 전력케이블은 각기 다른 역할을 하는 여러 층으로 이루어져 있다. 그중에서 반도체층은 도체로부터의 전계완화와 도체와 직접 접촉함으로써 발생하는 문제점들을 완화시키기 위해 사용된다. 따라서 반도체층이 전력케이블 내에서 제 역할을 충분히 발휘하기 위해서는 적정 카본블랙의 함량에 따른 전기적 및 열적 특성이 요구된다. 전력케이블에 사용되는 반도체층을 구성하는 요소중에서 카본블랙은 반도체 재료의 주요특성인 전기적 및 열적 특성을 좌우하는 가장 중요한 요소이다.

이와 같이 반도체층의 체적저항과 열전도 특성이 재료에 미치는 영향들을 고찰함으로써 전력케이블의 성능향상에 반도체층의 개선이 중요한 역할을 할 수 있다는 점을 강조하고자 하였다.

2. 시편제작 및 실험방법

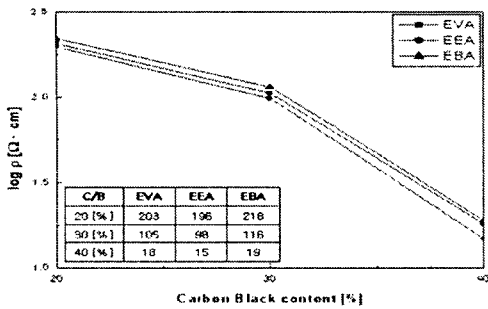
본 논문에서는 올레핀계 고분자인 EVA (Ethylene Vinyl Acetate, 현대석유화학), EEA (Ethylene Ethyl

Acrylate, Mitsui Dupont), EBA (Ethylene Butyl Acrylate, ARKEMA)를 기본재료로 사용 하였다. 그리고 도전성 카본블랙의 함량을 변수로 하였으며 그 함량은 각각 20, 30, 40[wt%]이었다. 시트는 펠릿형의 시료를 70±1[°C]~100±1[°C]의 롤러에서 5분간 1차 혼련을 한 후 180[°C]에서 20분간 200[kg/cm²]의 압력으로 프레싱을 하여 시트상으로 제작하였다. 체적저항은 ASTM D792에 의해 측정 하였다. 또한 시편들의 열전도도를 측정하기 위해 도입된 장비는 LFA 447 (nano flash diffusivity)이다. 본 실험에서 열전도도의 측정온도는 25[°C]와 55[°C]였다. 열전도도 실험은 시편들의 열탕온도가 60[°C] 전후로 나타나서 55[°C]까지로 하였다.

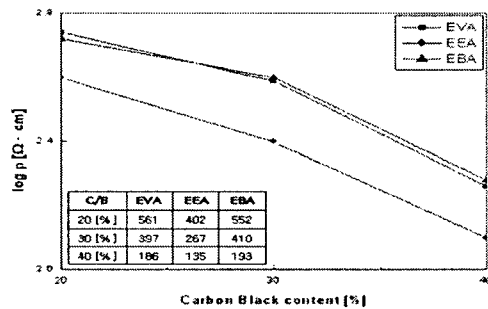
3. 결과 및 검토

3.1 체적저항

그림 1 (a)는 카본블랙의 함량에 따른 시편들의 체적저항을 25[°C]에서 측정한 것이다. 체적저항은 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 15[Ω·cm]~218[Ω·cm]의 범위에서 감소하였다. 즉, 카본블랙 함량의 증가에 따라 입자간 거리가 줄게 되는 구조설 (structure theory)에 의해 전기 전도성이 증가하는 것을 알 수 있다 [2-4]. 그림 1 (b)는 카본블랙의 함량에 따른 시편들의 체적저항을 90[°C]에서 측정한 것이다. 체적저항은 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 135[Ω·cm]~561[Ω·cm]의 범위에서 감소하였다.



(a) 25[°C]



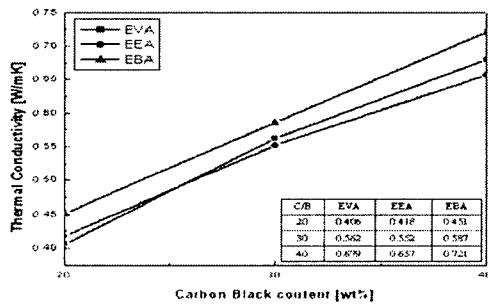
(b) 90[°C]

그림 1. 카본블랙의 함량과 온도에 따른 시편들의 체적저항

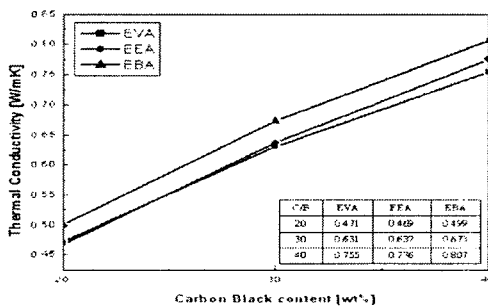
위 결과로부터 체적저항은 카본블랙의 함량이 30[wt%]~40[wt%] 구간에서 가장 적게 나타났다.

3.2 열전도도

그림 2는 시편들의 온도와 카본블랙 함량에 따른 열전도도의 변화를 나타내고 있다.



(a) 25[°C]



(b) 55[°C]

그림 2. 카본블랙의 함량과 온도에 따른 시편들의 열전도도

그림 2 (a)에서 시편들의 열전도도는 0.406[W/mK]~0.721[W/mK]의 범위에서 증가하고 있으며, 그림 2 (b)에서 시편들의 열전도도는 0.469[W/mK]~0.807[W/mK]의 범위에서 증가하고 있다.

이와 같이 시편들은 카본블랙의 함량이 증가할수록, 또는 온도가 상승할수록 열전도도가 증가한다는 것을 알 수 있다. 위 결과로부터 EVA와 EEA는 대체적으로 비슷한 곡선을 나타내고 있지만, 25[°C]에서 EVA가 EEA보다 1.7[%]~3.2[%] 가량 증가한 것을 알 수 있고, 55[°C]에서는 EEA가 0.9[%]~2.7[%] 가량 약간 증가한 것을 알 수 있다. 그리고 EBA는 EVA와 EEA보다 큰 열전도도를 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 EEA가 대체적으로 우수한 열전도도를 보여주고 있는 것을 알 수 있다.

3. 결론

체적저항 실험에서 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 시편들의 체적저항은 감소하였다. 이것은 카본블랙의 함량이 증가함에 따라 입자간 간격이 줄어들어 전기 전도성이 향상되었기 때문이었다. 또한, 25[°C]와 90[°C]에서 알아 본 체적저항은 서로 큰 차이를 나타내는 것을 알 수 있었다. 열전도도 실험에서 카본블랙의 함량이 증가할수록, 또는 온도가 상승할수록 열전도도는 증가하였다.

즉, 시편들은 지속적인 온도의 상승에 따라 열에너지를 저장하고 남은 여분의 열에너지가 다른 지점으로 전달되는 것이다. 또한 우수한 열전도성을 갖는 카본블랙의 증가에 따른 입자간 이격거리의 축소도 열전도도를 상승시키는 역할을 하였다. 상기의 체적저항, 열전도도 실험에서 전기전도성과 열전도도가 우수한 시편은 EEA수지였다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업(1-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다. 이번 연구를 지원해 주신 분들에게 감사의 말씀을 전해드립니다.

참고 문헌

- [1] W.Tiller Shugg, "Handbook of Electrical and Electronic Insulating Materials", VanNostrand Reinhold, NY, 310, 1986.
- [2] S. A. Boggs, M. S. Mashikian, "Role of Semi conducting Compounds in Water Treeing of XLPE Cable Insulation", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 10, No. 1, pp. 23-28, 1994.
- [3] 한재홍, 김상준, 권오형, 강희태, 서광석, "반도전층 내 불순물이 전력케이블의 신뢰도에 미치는 영향", Trans. KIEE Vol. 46, No. 1, pp. 19-27, 1997.
- [4] 박수진, 송수완, 서민강, 이재락, "나노구조 카본블랙/HDPE 복합재료의 전기적 특성: 전자선 조사에 의한 PTC특성 변화", 한국복합재료 학회지, Vol. 16, No. 1, pp. 19-25, Feb. 2003.