

Hot Press를 이용한 선형저밀도 폴리에틸렌과 비닐아세테이트의 유전특성

A Dielectric Characteristics of Linear Low Density Polyethylene and Ethylene Vinyl Acetate

조경순	서일대학 전기과
오세영	광운대학교 전기공학과
이종필	광운대학교 전기공학과
홍능표	광운대학교 전기공학과
이용우	대덕대학 전기과
이수원	철도대학 전기제어과
홍진웅	광운대학교 전기공학과

Kyung-Soon Cho	Dept. of Electrical Eng., Seoil College
Se-Young Oh	Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon University
Jong-Pil Lee	Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon University
Nung-Pyo Hong	Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon University
Yong-Woo Lee	Dept. of Electrical Eng., Taedok College
Soo-Won Lee	Dept. of Electrical Control, Korea Nat'l Railroad College
Jin-Woong Hong	Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon University

Abstract

In order to investigate the influence on dielectric characteristic due to physical structural change of specimens, we investigated the frequency and temperature dependency of $\tan \delta$ for virgin specimen and mixture specimens in the temperature range of 25[°C]~120[°C], frequency range of 300[mV]~1500[mV]. An experimental specimen is selected as Low Linear Density Polyethylene(LLDPE) and Ethylene Vinyl Acetate(EVA) (thickness 200[μ m]) produced by mixture ratio of 50:50, 60:40, 70:30 and 80:20.

From the results of XRD, it can be confirmed that the peak of LLDPE and EVA made by mixture ratio of 70 : 30 at $2\theta = 21.4^\circ$ is higher and the peak made by amorphous contribution at $2\theta = 19.5^\circ$ is almostly constant without no concern.

1. 서론

최근 급속히 증가하는 전력수요로 전력계통의 초고압화가 이루어지고 있으며, 이로 인해 복잡한 배전작업의 증가와 송전전압의 고압화에 따른 설비시설량이 날로 증가하고 있다. 기존의 초고압 옥외용 절연재료 중에서 세라믹은 생산공정이 복잡하고, 중량이 많이 나가기 때문에 절연재료의 개발과 성능개선이 요구되고있다^[1].

폴리에틸렌(polyethylene)은 절연체로 여러 분야

에서 사용되지만, 전압인가시 트리발생과 공간전하 축적이라는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제들은 적절한 고분자와의 혼합비를 통하여 해결될 수 있게 되었다. 예를 들면 에틸렌 비닐아세테이트(ethylene vinyl acetate, 이하 EVA) 공중합체와 혼합을 시킬 경우 폴리에틸렌에서 트리의 진전을 억제시키는 효과를 나타내는 것으로 보고되어졌다^[2].

선형 저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, 이하 LLDPE)은 열적특성이나 내환경성 등이 우수한 물질로써 cable sheath 등의 재료로

써 일부 사용되고 있다^[3].

특히 케이블의 반도체층으로 사용될 경우에, EVA 순수시료는 이온 투과 억제 능력이 떨어져 부적합함으로써 다른 고분자와 혼합하면 이온의 확산 계수가 낮아지기 때문에 반도체층으로 사용될 수 있다.

비닐아세테이트는 유효 쌍극자 모멘트가 평균적으로 약 1.8[debye]인 극성의 카보닐기를 가지고 있기 때문에 EVA의 전기적 성질은 VA함량에 따라 달라지게 된다. VA함량이 낮은 EVA는 저밀도 폴리에틸렌과 비슷한 성질을 나타내고, VA함량이 높은 EVA는 고무와 같은 성질을 나타낸다^[4].

따라서 본 연구에서는 LLDPE/EVA 혼합한 50:50, 60:40, 70:30, 80:20의 혼합비율에 따른 물성과 유전 특성을 고찰하였다.

2. 실험

2-1. 시 료

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.

시료의 물성은 표 1에 나타내었다.

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. 유전특성 실험

유전손실 측정을 하기 위하여 유전정접 측정장치(Electro Scientific Industries, Inc. Video Bridge 2150)와 온도조절 장치를 내장한 오븐(ANDO TO-9B)를 이용하였다.

실험에 사용된 측정장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

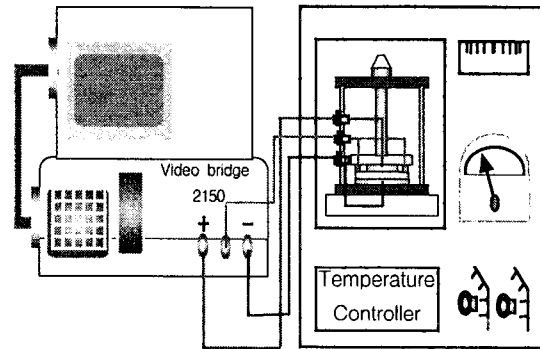


그림 1. 유전손실 측정을 위한 실험 장치의 개략도

전극은 상부전극으로 주전극 38[mmΦ]과 가드링 전극(내경 55[mmΦ], 외경 70[mmΦ])과 하부전극 87[mmΦ]으로 구성되어 있다.

전극구성의 개략도를 그림 2에 나타내었다.

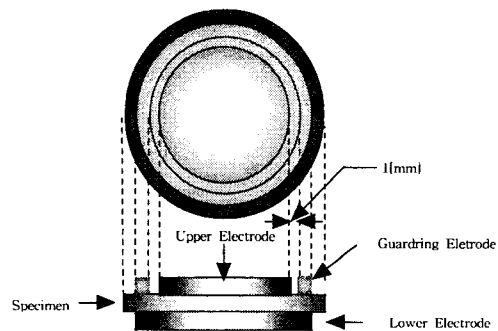


그림 2. 전극 구성

3. 결과 및 고찰

3-1. 물성분석

화합물의 구조를 결정하는데 가장 중요한 과정은 어떠한 원소들이 얼마만큼 들어 있는가를 정하기

위한 원소분석을 하는 일이다.

LLDPE와 EVA의 결정과 비정질의 변화를 조사하기 위하여 각각의 원시료와 혼합한 LLDPE : EVA의 50 : 50, 60 : 40, 70 : 30 및 80 : 20인 두께 200[μm]인 시료들에 대해 X선 회절 (X-ray diffraction ; 이하 XRD)분석을 하였으며, 그 결과를 그림 3에 나타내었다.

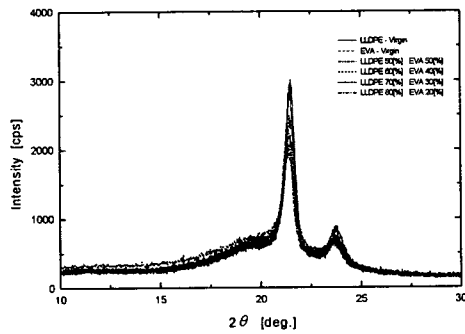


그림 3. 시료의 X선회절

시료에 대해 XRD로부터 확인할 수 있는 특징은 $2\theta = 21.4[^\circ]$ 에서 결정(110)과 $2\theta = 23.6[^\circ]$ 에서 결정(200)의 결정기여와 $2\theta = 19.5[^\circ]$ 에서 비정질의 기여에 의한 피크가 중첩되어 나타나는 것으로 볼 수 있다.

LLDPE 70 : EVA 30으로 혼합한것과 LLDPE-원시료가 $2\theta = 21.4[^\circ]$ 에서의 피크가 크를 확인할 수 있으며, 비정질의 기여에 의해 나타나는 $2\theta = 19.5[^\circ]$ 에서의 피크는 혼합비의 변화에 관계없이 거의 일정한 것을 볼 수 있다.

3-2. 유전특성

본 연구에서는 혼합에 의해 발생된 LLDPE의 물성 구조 변화가 전기전도 기구에 주는 영향을 고찰하기 위하여 주파수 범위 30[Hz]~ 1.5×10^5 [Hz], 온도 범위 25~120[$^\circ\text{C}$], 인가전압 범위 300[mV]~1500[mV]에서 두께 200[μm]인 원시료와 혼합한 시료에 대해 유전정점의 주파수 의존성 및 온도 의존성에 대하여 고찰하였다.

인가전압 1000[mV], 온도 35[$^\circ\text{C}$], 50[$^\circ\text{C}$]에서 제작된 각 시료들의 유전정점의 주파수 의존성을 그림 4, 5에 나타내었다. 그림5는 저주파수 영역에서의 주파수 의존성이 온도 35[$^\circ\text{C}$]인 경우와 유사한 경향

을 나타내며, 주파수 1×10^3 [Hz] 영역에서의 유전정점의 크기가 작아지는 것을 확인할 수 있다. 또한 고주파수 영역에서도 주파수 1×10^4 [Hz] 이상이 되면 EVA-원시료가 나머지 시료들에 비해 유전정점이 작게 나타나는데 EVA-원시료는 결정성이 낮아 결정에 의한 기여가 다른 시료에 비해 좁게 분포하기 때문으로 생각된다.

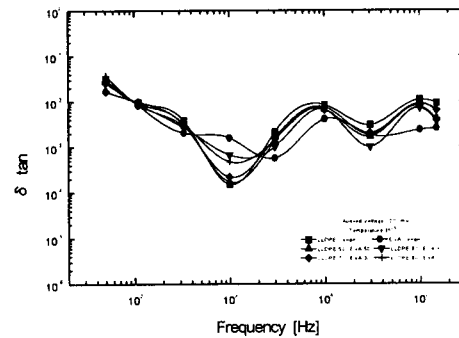


그림 4. 인가전압 1000(mV), 온도 35(°C)에서 유전특성의 주파수 의존성

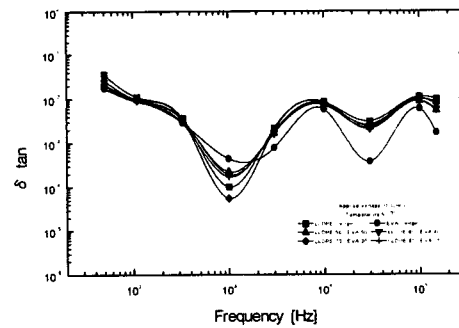


그림 5. 인가전압 1000(mV), 온도 50(°C)에서 유전특성의 주파수 의존성

그림 6은 1000[mV], 온도 75[$^\circ\text{C}$]에서 각 시료들의 유전정점의 주파수 의존성을 도시한 그림이다. 고주파수 영역에서 약 1×10^4 [Hz]에서 결정의 기여에 의한 α 피크를 볼 수 있다.

인가전압 1000[mV], 온도 100[$^\circ\text{C}$], 120[$^\circ\text{C}$]에서 유전특성의 주파수 의존성을 그림 7,8에 나타내었다. 여기서 주파수 1×10^2 [Hz]에서 약한 β 피크를 확인

할 수 있으며, 1×10^4 [Hz]에서 넓은 폭의 α 피크를 볼 수 있다.

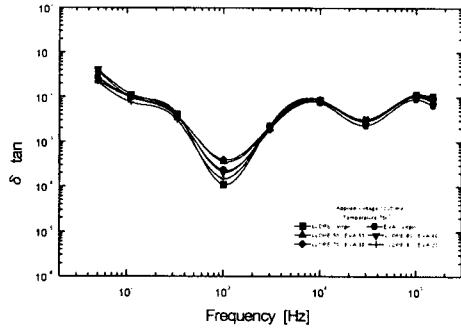


그림 6. 인가전압 1000(mV), 온도 75(°C)에서 유전특성의 주파수 의존성

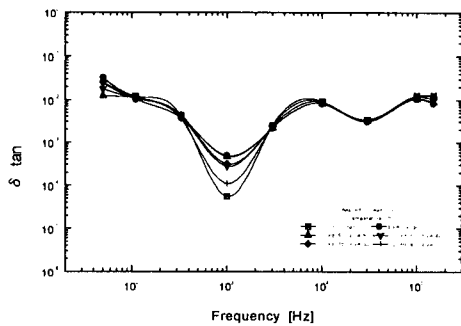


그림 7. 인가전압 1000(mV), 온도 100(°C)에서 유전특성의 주파수 의존성

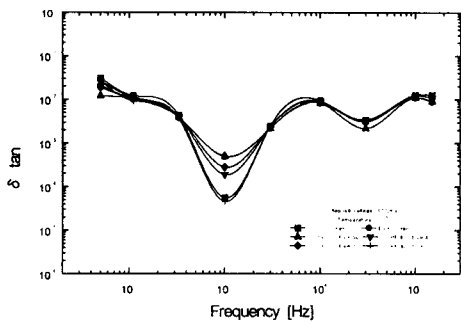


그림 8. 인가전압 1000(mV), 온도 120(°C)에서 유전특성의 주파수 의존성

4. 결론

두께 200[μ m]인 선형 저밀도 폴리에틸렌 (LLDPE)·에틸렌 비닐 아세트(EVA)의 원시료와 혼합한 시료들에 대한 유전특성 실험을 하였으며, 그 연구 결과는 다음과 같다.

각각의 혼합 비율에 따른 시료의 XRD로부터 확인할 수 있는 특징은 $2\theta = 21.4[^\circ]$ 에서 결정(110)과 $2\theta = 23.6[^\circ]$ 에서 결정(200)의 결정기여와 $2\theta = 19.5[^\circ]$ 에서 비정질의 기여에 의한 피크가 중첩되어 나타나는 것을 확인하였으며, LLDPE 70 : EVA 30으로 혼합한 것과 LLDPE-원시료가 $2\theta = 21.4[^\circ]$ 에서의 피크가 큼을 확인할 수 있으며, 비정질의 기여에 의해 나타나는 $2\theta = 19.5[^\circ]$ 에서의 피크는 혼합비의 변화에 관계없이 거의 일정한 것을 확인할 수 있었다.

또한, 저주파수 영역에서 나타나는 피크를 β 피크, 고주파수 영역에서 나타나는 α 피크를 피크라고 칭하기로 하면, 주파수 10^2 [Hz] ~ 3×10^2 [Hz]에서 약한 β 피크를 확인할 수 있으며 1×10^4 [Hz]에서 넓은 폭의 α 피크를 볼 수 있다. 저주파수 영역의 β 피크는 시료인 LLDPE의 구조 중의 Side-branch의 기여에 따른 피크로 생각된다.

참고문헌

- [1] 吉材昇의 2명 “有機 絶縁材料의 耐 트래ッキング性に 及ぼす 酸性雨 影響” T. IEE Japan Vol. 115-A, No. 9, pp 890-895, 1995.
- [2] S. Nagasaki, H. Matsubarb, S. Yamanouchi, M. Yamada, T. Matsuike and S. Fukunaga, “Development of Water-Tree-Retardant XLPE Cables”, IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, pp. 536-544, 1984.
- [3] D. Y. Yi, D. H. Park and M. K. Han. “Electrical Characteristics of Linear Low Density Polyethylene Degraded by the Voltage-Thermal Stress”, Trans. KIEE. Vol. 44. No. 10, pp. 1301-1306, 1995.
- [4] 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.