

## MDPE 필름의 절연 파괴강도와 반도체층 효과

### Effect of Semiconductor Layer and Breakdown Strength of MDPE films

유성수<sup>°</sup>, 이종찬, 류부형\*, 박수길\*\*, 박대희  
(Sung-Soo Yoo<sup>°</sup>, Jong-chan Lee, Boo-Hyung Ryu\*, Soo-Gil Park\*\*, Dae-hee Park)

원광대학교 전기전자공학부, \*동국대학교 안전공학과, \*\*충북대학교 공업화학과

#### Abstract

In this study, we evaluated the dependence of thickness and temperature in the breakdown strength of MDPE and effect of semiconductor. As the result, breakdown strength trend to decrease according to the increase of thickness and temperature but there is no dependence of temperature in the 70 $\mu$ m MDPE film. We obtained the result that the breakdown strength was a little lower in the structure of Semi/MDPE than Semi/MDPE/Semi, but breakdown strength of MDPE was greater both of all. Therefore we are investigating the effect of semiconductor in the breakdown strength.

#### 1. 서 론

전력설비에 이용되는 절연재료는 온도의존성이 작고 방전 및 응력등에 의한 열화나 변형이 작고, 전기적인 절연성만이 요구되는 것이 아니라 기계적, 가공성 등이 요구된다. 특히 전력케이블의 절연재료는 가공성과 절연성이 우수한 폴리에틸렌이 초고압에 이르기까지 사용되고 있다.

전력케이블용 폴리에틸렌의 연구는 지금까지 저밀도와 선형저밀도 폴리에틸렌을 중심으로 많은 연구가 진행되어 왔다. [1][2] 이와 같은 연구를 통하여 절연재료의 분자 구조적인 언급과 함께 절연성능의 향상과 절연파괴의 억제를 위한 대책이 각각 제안되어지고 있다.[3][4] 뿐만 아니라 절연층과 반도체층간에 나타나는 절연파괴 및 절연특성에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 초고압의 절연 시스템 내에서 계면 특성의 중요성을 언급하고 있다.[5] 전력케이블의 절연재료에 관한 연구는 이와 같이 거시적인 측면과 미시적인 측면에서 꾸준히 절연재료의 연구는 진행되고 있으며, 아직도 절연 성능향상과 신뢰성의 확보라는 관점에서 절연성능의 평가법과 절연재료의 개선이 진행되고 있다.

이와 같은 관점에서 본 연구는 최근에 전력케이블에 부분적으로 사용되고 있는 중밀도 폴리에틸렌(MDPE)을 시료로서 절연파괴강도와 반도체층의 전극효과를 각각 평가하고, 절연파괴 현상에 대하여 고찰하였다.

#### 2. 시료 및 실험방법

본 연구에서는 사용한 시료는 MDPE(8500F, 밀도:0.94 호남화학제)이며, 필름의 두께는 30, 50, 70 $\mu$ m이다. 또한 반도체층의 필름은 전력 케이블용이며, 두께는 70 $\mu$ m 저항은 2000 $\Omega$ /Cm이다.

전압인가장치는 (Musasi, Japan) 출력이 50kV이며, 절연파괴시에 자동으로 차단되는 장치를 사용하였다. 절연파괴 시험 전극은 그림 1과 같이 직경이 12.9 $\phi$ mm의 구의 형태이다. 또한 절연파괴의 온도의존성을 알아보기 위하여 실리콘 오일의 온도를 변화시키면서 절연파괴를 측정하였다. 절연파괴강도의 온도의존성은 실온(20 $^{\circ}$ C)과 40 $^{\circ}$ C, 60 $^{\circ}$ C, 80 $^{\circ}$ C에서 각각 측정하였다.

실험에 사용되는 MDPE 시편의 크기는 25mm $\times$

25mm이다. 시편 표면에 부착되어 있는 오염물은 에탄올을 이용해 깨끗이 세척한 후 두께를 측정하여 두께별로 분류했다. 그리고 전극 및 주변의 매질의 상태를 확인한 후 시편을 전극 사이에 배치시켜 실험하였다. 절연파괴 전압은 시편에 전압을 인가하는 시간과 인가하는 방법에 큰 영향을 갖는다. 따라서 동일한 두께의 시편을 반복적으로 12번의 파괴실험을 하였고, 최저값과 최고값을 제외한 10개의 시편의 실험값을 취했다. 절연파괴 측정중 외부의 영향력을 줄이기 위하여 그림 1과 같이 전극과 시편을 실리콘 오일에 침시켰다. 실리콘 오일은 고온 절연특성이 우수하고 외부의 영향을 효과적으로 차단시킬 수 있다.

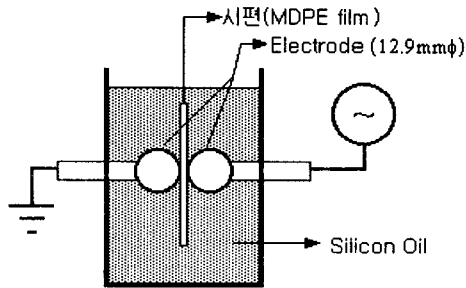


그림 1 절연파괴 시험전극

### 3. 실험결과 및 토의

그림 2는 MDPE 필름의 절연파괴강도의 두께 의존성을 나타냈다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 두께가 증가할수록 절연파괴 강도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 30 $\mu\text{m}$ 의 두께에서는 3.74(MV/Cm), 50 $\mu\text{m}$ 에서는 2.9 (MV/Cm), 70 $\mu\text{m}$ 에서는 2.4(MV/Cm)으로 얻어졌으며, 이와 같이 얻어진 결과를  $V = Ad^n$ 의 관계식으로부터 n과 A를 구하면 각각 0.46, 2.33으로 계산되었다.

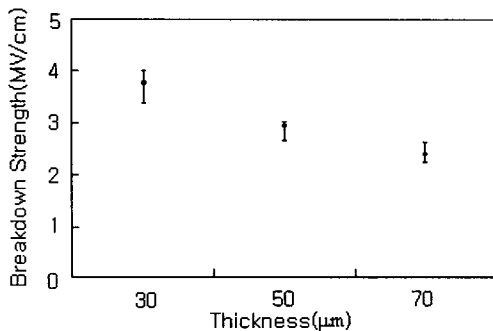


그림 2 절연파괴강도의 두께의존성

다음에는 각 필름의 절연파괴강도의 온도의존성을 측정하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 절연파괴 강도는 온도 증가와 함께 저하하는 경향을 나타내고 있으나, 70 $\mu\text{m}$ 의 두께에서는 절연파괴강도의 온도의존성을 나타내지 않고 있다.

그림3에서 얻어진 각 온도 하에서의 절연파괴강도와 절연 두께간에  $V = Ad^n$ 의 관계식으로부터 n과 A를 표 1에 나타냈다. 이 결과로부터 알 수 있는 것은 n은 온도 증가와 함께 증가하는 경향을 나타내나, A는 선형적인 값을 나타내지 않고 있다.

다음에는 반도체층 전극 하에서 동일 필름의 절연파괴강도를 각각 평가하였다. 그림 4는 한 쪽의 전극에 반도체층을 삽입하였을 경우 (SEMI/MDPE)에 절연파괴 강도의 두께의존성을 나타냈다.

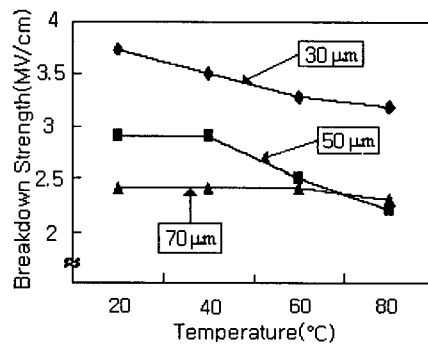


그림 3 절연파괴 강도의 온도의존성

표 1 A, n의 온도의존성

	20 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$	80 $^{\circ}\text{C}$
A	2.33	3	0.86	0.7
n	0.46	0.66	0.72	0.7

각 두께에 있어서 절연파괴 강도는 MDPE 필름만의 두께보다도 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 반도체층이 절연파괴 강도의 두께의존성을 나타냄으로써 저하되는 것으로 예측된다.

다음에는 필름에 양면에 반도체층을 적층시킨 후에 절연파괴 강도를 각각 평가하였다.

그림 5는 SEMI/MDPE/SEMI의 절연파괴 강도와 두께의존성을 각각 나타냈다.

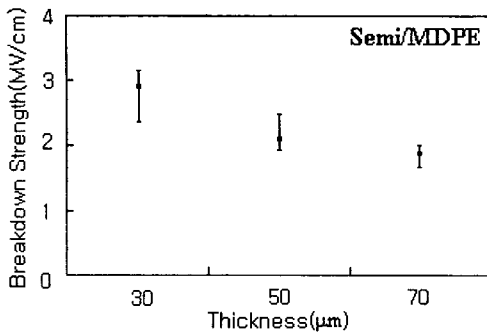


그림 4. SEMI/MDPE의 절연파괴강도와 두께의존성

이 결과로부터 절연파괴 강도는 SEMI/MDPE 보다는 다소 증가하는 결과를 나타내고 있다. 이와 같은 결과는 앞에서 언급 한 반도체층이 두께의존성에 영향을 나타내는 결과와 상반되며, 이와 같은 결과는 반도체층의 전계완화효과에 의해서 절연파괴 강도가 다소 증가되는 것으로 예측된다.

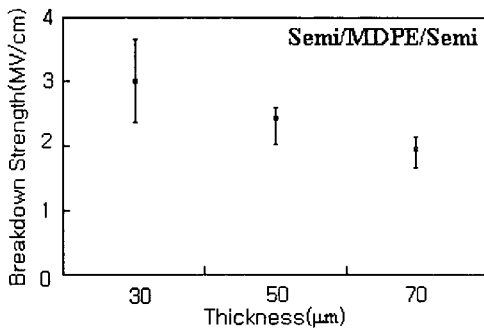


그림 5 SEMI/MDPE/SEMI의 절연파괴 강도의 두께의존성

표 2 반도체층 하에서의 A, n

	A	n
Semi/MDPE	4.6	0.45
Semi/MDPE/Semi	3.3	0.35

그렇지만 MDPE 필름만의 절연파괴 강도보다

는 다소 낮은 결과를 보이고 있다. 위의 각각의 반도체층의 전극 하에서 앞에서 계산하여 얻은 A, n을 구하면 표 2와 같다. 이와 같은 A, n의 크기는 절연파괴강도의 평가를 위한 data로서 응용 가능하도록 검토 중에 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 MDPE 필름의 절연파괴강도와 두께 및 온도의존성을 평가하고, 반도체층의 전극 하에서 절연파괴강도를 각각 평가하였다. 절연파괴강도는 두께가 두꺼울수록 저하하고, 온도증가와 함께 저하하는 현상을 나타냈다. 또한 MDPE 필름의 절연파괴전압의 두께의존성으로 부터  $V = Ad^n$ 의 식에서 각 상수 A와 n을 각각 계산하였다. 반도체층을 갖는 절연파괴 강도는 SEMI/MDPE보다는 SEMI/MDPE/SEMI가 다소 높으나 MDPE필름만의 경우보다는 다소 낮은 결과를 보였다. 이와 같은 결과는 구체적으로 고찰하고 반도체층 하에서의 절연파괴현상에 관한 연구를 계속적으로 진행 중에 있다

본 연구는 기초전력공학공동연구소의 연구비(과제 번호: 98-중기-05)에 의하여 수행되었습니다.

#### [참고문헌]

- [1] Proceedings of the 3rd International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials July 8-12, 1991, Tokyo, Japan
- [2] T. Mitsui et al, Morphological Study of Treeing Phenomena in PE and XLPE, Conference Record of 1984 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 1984, pp.306 ~ 309
- [3] K. Kaminaga et al., Effect of supermolecular Structure of Polyethylene on Dielectric Strength, Proceeding of the 17th Symposium on Electrical Insulation Material, 1984, pp.233 ~ 236

- [4] K. Kaminaga et al., Effect of supermolecular Structure of Polyethylene on Dielectric Strength part 2, Proceeding of the 18th Symposium on Electrical Insulation Material, 1985, pp. 117 ~ 120
- [5] 固體絶縁材料の界面効果調査専門委員会, 固體絶縁材料の界面効果 日本電気學會技術報告, 第488號, pp. 3 ~ 4, 1994年 4月.