

금속증착 Polypropylene Film의 Self-healing 기초특성 연구

최기석* 류성식 정종욱 박하용° 곽희로
 송실대학교* 삼척대학교°

A Study on the Fundamental Characteristics of Self-healing Metalized Polypropylene Films

Ki Suck Choi* Sung Sic Ryu Jong Wook Jung Ha Yong Park° Hee Ro Kwak
 Soongsil University* Sam chok University°

Abstract - This paper describes the self-healing characteristics which plays an important role in high voltage capacitors. In this experiment, artificial voids were simulated in MPPFs, and the self-healing voltages were measured by varying the diameter of the voids and the thickness of the MPPFs.

As a result, the self-healing voltage and the burn-out area were increased with the increment in the void diameter and the thickness of MPPF.

유전체보다 유전율이 작은 기체 또는 액체유전체가 먼저 절연파괴되어 부분방전에 의한 열 및 화학작용으로 고체유전체가 열화하게 된다. 이것은 고전압 현상에 있어 매우 중요한 문제이며, 그림 1.에서와 같이 비유전율 $\epsilon_r(\epsilon_r > 1)$ 인 균질 고체유전체 내에 평등전계 E_0 가 있고, 이 고체유전체 내에 매우 작아 전계 E_0 를 교란시키지 않는 비유전율 $\epsilon_o(\epsilon_o < 1)$ 인 구형의 기체 또는 액체유전체가 충전되어 있는 경우를 가정하면, 기체 및 액체유전체 중에는 E_0 와 동일 방향의 전계 E_a 가 발생한 다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

1. 서 론

$$E_a = \frac{3\epsilon_r}{2\epsilon_r + \epsilon_o} E_0 \tag{1.1}$$

단, E_a 는 구형보이드내의 전계의 세기.

ϵ_o 는 보이드의 유전율

ϵ_r 은 고체유전체의 유전율

금속증착 필름을 사용한 커패시터는 국외의 경우 1980년대부터 본격적인 연구개발에 착수하여 현재 상당한 기술수준을 보유하고 있다. 전극분리형 커패시터와 비교하여 금속증착 커패시터는 고에너지 밀도, 장수명, 저열성 등의 장점이 있으며, 각종 시험용 전원장치, 전기 암반파쇄용 전원장치, 펄스 레이저 전원장치 레일건, 전열화학포 등의 많은 분야에서 사용되고 있다. 이러한 금속증착 커패시터의 특성 중 가장 큰 특징은 self-healing이며, 이에 의해 단일 사고에 의한 커패시터의 2차적 사고파괴를 제거함으로써 신뢰도, 안전성 등의 향상을 가져왔다. 그러므로 self-healing 특성을 파악하는 것이 금속증착 커패시터의 성질을 이해하는데 있어서 중요한 요소 중의 하나이다.

따라서, 기체 또는 액체유전체 내의 전계는 고체유전체보다 크게 된다.

따라서 본 논문에서는 금속증착 PP 필름에 인공 보이드를 만들어 인공 보이드에서의 부분방전에 의한 절연파괴시 나타나는 self-healing 현상에 대하여 연구 검토하였다.

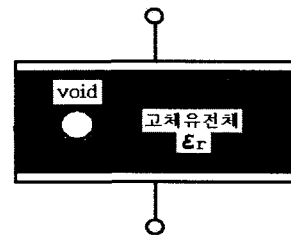


그림 1. 고체유전체 내에 존재하는 보이드

2. 본 론

2.1 고체유전체 내부에 존재하는 기체 또는 액체유전체의 영향

고체유전체 내부에 보이드가 발생하여 보이드내에 유전율이 다른 기체나 액체유전체가 존재하는 경우, 고체

또 고체유전체의 절연내력은 기체 및 액체의 절연내력보다 일반적으로 크므로, 전극간 인가전압을 점점 상승해 가면 고체유전체의 파괴전압보다 훨씬 낮은 전압에서 기체 또는 액체유전체가 파괴되어 부분방전이 발생하므로, 그 열 및 화학작용으로 인해 고체유전체가 열화된다. 만일 그림 2.와 같은 박층보이드일 경우, 이 보이드가 거의 평면이며, 전계 방향에 직각이면, 전계의 세기는보이드 내에서

$$Ea = D \quad (1.2)$$

이며, 유전체 내의 전계 E_0 는

$$E_0 = D/\epsilon \quad (1.3)$$

가 된다. 여기서, D 는 전속밀도이며, 그 값은 보이드에 서나 고체유전체 중에서도 변하지 않는다. 이 경우, $Ea)E_0$ 이므로, 전과 동일한 결론을 얻을 수 있다.

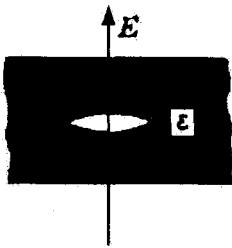


그림 2. 박층보이드

2.2 실험

2.2.1 실험장치 및 시료제작

그림 3.에 실험장치의 개략도를 보였다. 두께 $6(\mu\text{m})$ 와 $9(\mu\text{m})$ 의 PPF에 직경 $0.25(\text{mm})$ 의 침과 직경 $1(\text{mm})$, $2(\text{mm})$, $3(\text{mm})$ 의 펀치로 천공하여 인공 보이드를 제작한 후, 이 PPF를 $6(\mu\text{m})$ 두께의 2장의 MPPF 사이에 끼워 커패시터 내부에서 발생할 수 있는 보이드를 인위적으로 모의하였고 전계의 영향을 주지않도록 유리판을 사용하여 MPPF를 유리판 사이에 고정하였다. 또한 한쪽 MPPF에는 AC 전원장치에 연결하고 다른 한쪽 MPPF는 접지시켰다.

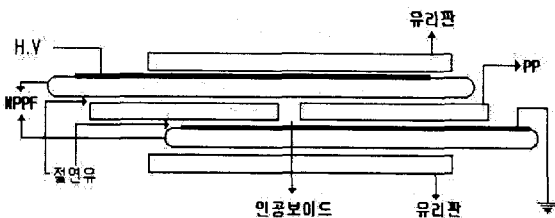


그림 3. 실험장치의 개략도

실제 커패시터에서 발생가능한 조건을 충족시키기 위해 이 보이드 내부를 절연유로 충전하였다.

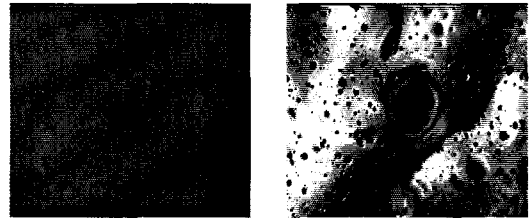
2.2.2 실험방법

MPPF의 보이드에 따른 self-healing 특성을 알아보기 위해, 보이드의 직경과 MPPF의 두께를 변화시켰다. 전압공급을 위해 AC $50(\text{kV})$ 까지 인가할 수 있는

Hipotronics사의 AC 고전압 발생장치 (Model 750-5CF)를 사용하여 $0(\text{V})$ 부터 $0.1(\text{kV/s})$ 로 전압을 증가시킨 후, self-healing 전압을 측정하였으며, 피시험체에서 발생하는 방전상태에 대한 패턴을 추정하기 위해 리사주도형을 관찰하였다. 실험은 각 보이드의 직경 및 MPPF의 각 두께에 대해 7회씩 반복되었으며, 오차범위를 경감하기 위해, 각각의 시료에서 얻은 결과 중, 극값을 제외한 나머지 5개 데이터의 값을 평균하여 도시하였다. 실험은 $15\sim 20(^{\circ}\text{C})$, $760(\text{torr})$, $70(\%)$ 의 습도조건에서 진행되었다.

2.2.3 결과 및 분석

MPPF에 보이드 존재시의 self-healing 특성을 알아보기 위한 실험 결과, self-healing 발생을 명확하게 관찰할 수 있었으며, self-healing 발생 전후의 MPPF 표면을 사진 1.에 나타내었다.

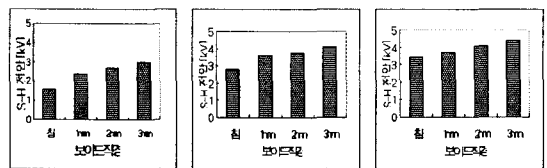


(a) 발생 전

(b) 발생 후

사진 1. self-healing 발생 전후의 MPPF 표면상태

그림 4.에 각각 $6(\mu\text{m})$, $10(\mu\text{m})$, $12(\mu\text{m})$ 두께의 MPPF에서 보이드의 직경에 따른 self-healing 전압을 나타내었다.

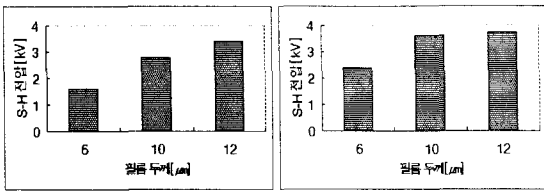


(a) $6(\mu\text{m})$ MPPF (b) $10(\mu\text{m})$ MPPF (c) $12(\mu\text{m})$ MPPF

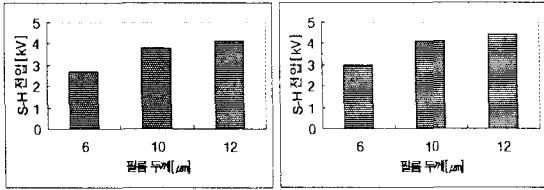
그림 4. 보이드의 직경의 크기에 따른 MPPF의 self-healing 전압

그림 4.에 보여지듯이 MPPF의 두께에 관계없이 보이드의 직경의 크기가 커질수록 self-healing 전압이 증가함을 알 수 있었다.

또한, 그림 5.에 동일 직경 보이드에서 MPPF 두께에 따른 self-healing 전압을 나타내었다.



(a) 침 보이드 (b) 1[mm] 보이드

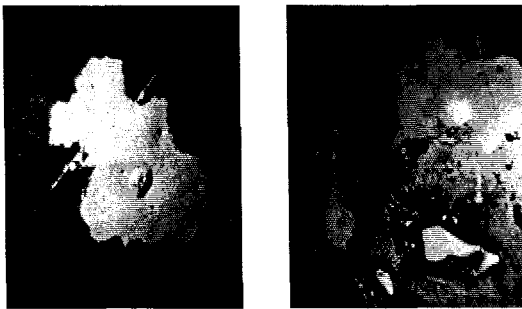


(c) 2[mm] 보이드 (d) 3[mm] 보이드

그림 5. MPPF 두께에 따른 보이드의 self-healing 전압

그림 5.에서 알 수 있듯이 동일한 크기의 보이드에서는 MPPF의 두께가 두꺼울수록 self-healing 전압이 높아짐을 알 수 있었다.

또한, 10[μm] MPPF에서 침과 직경 2[mm]의 보이드가 존재 할 때의 self-healing 현상에 의해 나타나는 burn-out area를 사진 2.에 나타내었다.



(a) 침 보이드 (b) 2[mm] 보이드

사진 2. 인공보이드 존재시 10[μm] MPPF의 self-healing 사진

사진 2.에서 사진 (a), (b)는 200배 배율의 사진이며, 사진 (b)는 전체 self-healing 면적에서 약 1/4 정도의 크기이다. 사진 2.에서 볼 수 있는 바와 같이, self-healing시 발생하는 열 및 화학작용에 의해 증착된 알루미늄이 증발 및 산화하여 burn-out 면적이 발생하였다. 이 burn-out 면적의 연면에 따른 연면방전 전압이 인가전압보다 크게되면 국부결함에 의한 사고가 자동복구되는 것으로 생각된다.

한편, self-healing 면적의 경우, 보이드의 직경에 따라 그 면적도 증가하였다. 이는 좀 더 높은 전압에서

self-healing이 일어나므로서 더 많은 에너지가 집중되어 self-healing 면적이 증가하는 것으로 추정된다.

3. 결론

이 논문에서는 금속증착 polypropylene film에 보이드 존재시의 절연파괴 특성을 알아보기 위한 실험 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) MPPF의 두께가 동일한 경우 보이드의 직경이 증가함에 따라 self-healing 전압은 증가하였다.
- (2) 동일한 보이드 직경에 대해서는 MPPF의 두께가 증가함에 따라 self-healing 전압이 증가하였다.
- (3) MPPF의 self-healing시 발생하는 열 및 화학작용에 의해 증착된 전극면이 증발 및 산화하였으며 burn-out area는 보이드의 직경에 따라 증가하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] C. A. Nucci, S. Pirani, M. Rinaldi, "Pulse Withstand Capability of Self-healing Metalized Polypropylene Capacitors in Power Applications", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 26 No. 1, pp. 147, 1991.
- [2] 丁性桂, 李德出, "고전압공학." pp.181-191, 1997.
- [3] "Identification des Décharges." CIGRE, No.11 Electra, pp.61, 84-85, 1969.
- [4] 김 용 권 "도해 전자기학" pp.64-66, 1993