

김 동 욱  
 금성전선(주)연구소

\*  
 박 대 희

Dependence of Dielectric breakdown of Thin Poly  
 (Vinylidene Fluoride) Film on Temperature.

KIM DONG WOOK                      \*  
 GOLDSTAR CABLE CO. R&D LAB.                      PARK DAE HEE

Abstract

Dielectric breakdown strength (Eb) of thin Poly(Vinylidene Fluoride ; PVDF) film is studied in the temperature range between 4.2 K and 400 K. The results of this study can be summarized as follows.

- 1) Temperature dependence of dielectric breakdown strength (Eb) can be divided into high and low temperature regions. The critical temperature (Tc) at which two regions are divided depends on applied voltage.
- 2) Dielectric breakdown strength (Eb) by pulse voltage is higher than that by DC voltage. Especially this difference is remarkable at low temperature.

1. 서론

최근 유기고분자는 전력기기만이 아니고, 전자 소자에 이르기까지 절연재료로서 널리 사용되고 있다. 예를들면 반도체소자 LSI의 절연막으로도 이용되고 있어 절연의 신뢰성이 손상되지 않는 범위내에서의 초박막화가 요구되어지고 있다. 고분자 박막의 특성은 BUIK상보다 표면, 계면의 특성이 나타나고, 전자수송현상에 대하여 Size 효과, Tunnel 효과 표면준위 효과등의 흥미로운 현상을 보여주고 있다. 또한 고분자 박막의 전기적 성질은 분자구조와 고의 고차구조, 생성방법에 따라 크게 다르다. 지금까지 고분자의 절연파괴에 관한연구는 절연두께가 수십  $\mu\text{m}$ 의 비교적 두꺼운

필름에 대해 행하여 왔으나, 수  $\mu\text{m}$ 이하의 필름에 대한 연구는 비교적 흔하지 않다.<sup>(1)(2)</sup> 이와같은 관점에서 본 보고에는 수  $\mu\text{m}$ 이하의 PVDF 필름에 대하여 절연파괴 강도의 온도와 두께 의존성을 파악하였다.

2. 시료 및 시험방법

시료로는 두께 1, 2, 4  $\mu\text{m}$ 의 PVDF 필름을 사용하였다

절연파괴의 전극계는 Fig.1과같이  $\phi 3\text{mm}$ 의 구와 평판 전극을 이용하였다.

전극간에는 부분방전을 방지하기위해 시료와 전극 부분을 에폭시 수지로 몰드하였다. 측정온도는 액체 헬륨온도(4.2K)에서 400K의 온도범위에서 행하였다.

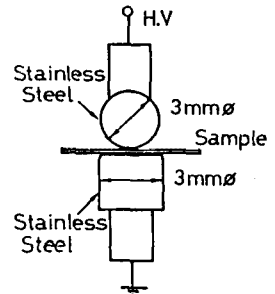


Fig. 1. Electrode system for breakdown test

우선 액체헬륨중의 실험은 Cryostat내에서 행하고 기탁온도에서의 실험은 액체질소(77K)중에서, 드라이 아이스-메칠알콜(194.5K)중에서 행하였고 실온 이상은 Silicone Oil중 및 가열한 Silicone Oil중에서 시료를 넣고 행하였다.

절연파괴시험은 Pulse폭 6 $\mu\text{s}$ 의 부극성 Pulse전압과 직류전압으로 행하였고 직류전압인가는 시간과 함께

직선적으로 상승하는 고전압 발생기를 사용했다.

3. 실험결과

3.1 절연파괴강도 (Eb)의 온도 의존성

1-4 $\mu$ m 정도의 PVDF 필름의 Pulse 전압에 대한 Eb의 온도 의존성을 Fig.2에 나타냈다.

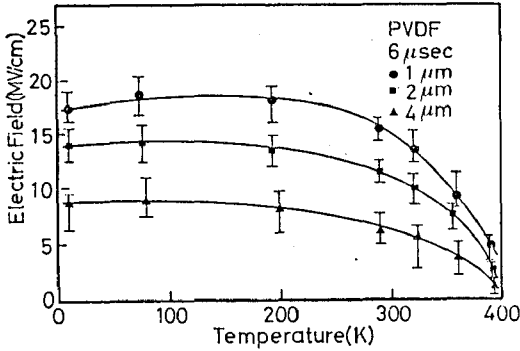


Fig. 2. Temperature dependence of pulse breakdown strength

액체헬륨 온도에서 실온까지의 온도 영역에서는 Eb가 그다지 온도에 영향을 받지 않는 절연파괴 특성을 보여주고 있지만 실온이상의 고온 영역에서는 온도 상승에 따라 Eb가 저하됨을 보여주고 있다 또한 Eb가 저하하는 고온영역과 변화하지 않는 고온 영역의 경계가 되는 임계온도가 실온부근에 있는 것을 알 수 있었다.

Fig.3은 직류전압에서 Eb의 온도 의존성을 나타냈다.

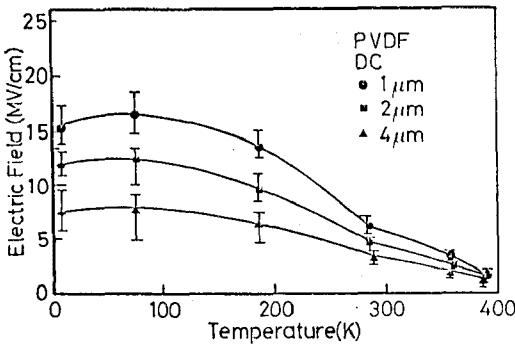


Fig.3. Temperature dependence of DC breakdown strength.

Eb는 Pulse 전압에 비해 낮지만 온도 의존성은 Pulse 전압에 의한 Eb의 온도의존성과 거의 유사하다. 그러나 Pulse 전압과는 달리 200K 부근에서

저온영역과 고온영역으로 분리됨을 알 수가 있었다. 이와같이 저온영역에서 그다지 의존하지 않는 절연 파괴 강도는 파괴의 기구가 전자성 파괴임을 시사해 주고 있으며, 온도 상승에 따라 급격히 절연파괴 강도가 저하하는 고온영역의 절연파괴 현상은 열적 과정이 파괴에 주요한 원인으로 해석되어 진다. 이 두개의 영역을 나누는 경계의 온도가 Pulse 전압의 경우가 높은 것으로 보아, 전자성 파괴가 보다 넓은 온도 범위에서 일어나는 것으로 생각되어 진다.

3.2 절연파괴 강도 (Eb)의 두께 의존성

Fig.4는 Pulse 전압에 대한 Eb의 두께 의존성을 나타내고 있다. 이 그림으로부터 시료의 두께가 감소됨을 알 수가 있다.

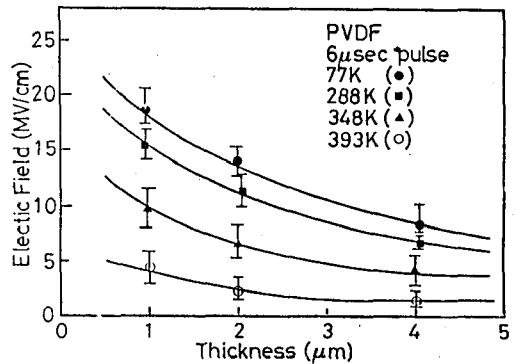


Fig. 4. Thickness dependence of pulse breakdown strength

저온으로 되면 두께의 영향이 크고 이에 비해 390K 이상의 고온에서 Eb는 크게 영향을 받지 않는 경향이 있는 것을 알 수 있다. Fig.5는 직류전압에 대한 Eb의 두께 의존성을 나타내고 있다. 이 그림으로부터 실온과 385K의 고온에 있어서 Eb의 두께 의존성은 작지만 77K에서 두께가 감소함에 따라 급격히 절연파괴 강도가 상승한다. 즉 저온이 되면 될수록 두께의 온도 의존성향은 크게 됨을 알 수 있었다.

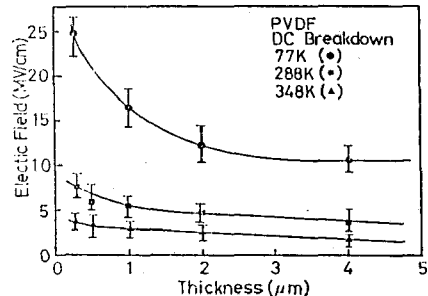


Fig.5. Thickness dependence of DC breakdown strength.

Fig.4와 Fig.5로 부터 Pulse 전압 및 직류전압 어느 경우도 동일한 Eb의 온도의존성을 나타내고 있으나 특히 저온에서 Pulse 전압을 인가한 경우 두께 효과가 현저하게 나타나는 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

PVDF 필름을 이용하여 저온영역과 고온영역에서의 절연 파괴특성을 파악하고 파괴기구를 검토했다.

그 결과는 다음과 같다.

- 1) Eb의 온도의존성은 임계온도(Tc)를 경계로 해 고온 및 저온영역으로 나누어지며 Tc는 인가전압 파형에 따라 변화하는 것을 알았다.
- 2) Eb는 직류전압에 비해 Pulse 전압의 경우가 더 높고, 그 차이는 저온에서 더욱 크다.
- 3) 저온영역에서 PVDF 필름의 Eb는 Pulse 전압, 직류전압 어느 경우도 온도의존성이 없다.  
1 $\mu$ m 이상의 두께에서는 전자사태에 의한 절연파괴로 예상되어진다.
- 4) 고온영역에 있어서 Eb는 온도상승과 함께 저하하며, 그 원인은 전자열파괴 혹은 순수열파괴로 예상되어진다.

( 참고문헌 )

- 1) K.Yoshino, M.Terauchi, S.Kim, S.Hayashi, Y.Inuishi :  
Japan.J.Appl. Phys, 22, 1736(1983)
- 2) 金吉野: 電気学会論文A, 105, 183(1985-4)
- 3) J.P Furtlehner, J. Messier :  
Thin Solid Films, 68, 233 (1980)
- 4) 日野, 中田, 清瑞: 電気学会論文A, 107, 555 (1987-12)
- 5) 山下, 中村, 日野: 電気学会論文A, 101, 339 (1981-6)