

폴리페닐렌 설파이드 필름의 유전특성에 관한 연구

송호근* 김명원* 엄기호** 김성호** 진무웅**
 충북대학교 물리학과* 삼화전기(주) 기술본부**

A Study on the Dielectric properties of polyphenylene Sulfide Film

Ho-Geun Song . Myoung-Won kim . Gi-Ho Um . Sung-Ho Kim . Mu-Ung Jin
 Chung Buk National University . Sam Hwa Electric Co., Ltd

Abstract

The dielectric constant and dissipation factor of polyphenylene sulfide(PPS) film were measured in range of $-40 \sim +125^{\circ}\text{C}$. The result shows that characteristics of PPS films are superior to PP and PET films.

It's dielectric constant was stable to the temperature of $+125^{\circ}\text{C}$.

1. 서 론

고분자 유전체인 Polyphenylene sulfide film은 전기적, 기계적 및 화학적 성질이 우수하다는 것은 이미 Phillips Petroleum 사의 "Ryton®" 이란 이름으로 공업용 plastic 으로 잘 알려진 바이머, 일본 Toray 사와 협력하여 산업용용을 계획하는 "Torelina®"을 개발한 상태로 이에 대한 연구는 계속되고 있다.

수년전만 하더라도 직접회로에 사용되는 소형 capacitor는 ceramic 유전체가 주종을 이루었으나 현재는 metallized film capacitor로 급속한 대치가 이루어지고 있다.

Metallized film capacitor의 주된 유전체는 Polypropylene(PP), Polyethylene telephthalate(PET), Polystyrene(PS) 이며 최근 capacitor의 두드러진 동향은 장온화를 비롯하여 표면실장기술(SMT)에 부응하기 위한 chip화, 소형화, 고신뢰성화의 추세이다. 그러나 이들 유전체의 사용온도 범위는 $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 로 내열성에 한계가 있어, 사용온도 범위가 $-40 \sim +105^{\circ}\text{C}$ 인 Polycarbonate(PC)와 사용온도 범위가 $-55 \sim +125^{\circ}\text{C}$ 인 PPS film에 관한 연구가 계속되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 사용온도 범위가 넓고, 전기적, 기계적 및 화학적 성질이 우수한 Metallized

PPS film이 capacitor로 응용되었을때 유전특성이 어떻게 변하는가를 알아보기 위한 것이다.

2. 실험

2.1 사용 시료

본 실험에서 사용된 시료는 sulfur-원자가 Fig. 1 과 같이 반복적으로 연결되는 간단한 구성을 가진 두께 $4\mu\text{m}$ 인 Metallized PPS film을 사용하였다.

또 기존 plastic film capacitor 유전체로 가장 많이 사용되고 있는 두께 $4\mu\text{m}$ 인 Metallized PP와 Metallized PET film의 유전특성을 비교하였다.

유전체	분자구조
PP	$\begin{array}{c} \text{H} \qquad \qquad \text{H} \\ \qquad \qquad \\ -\text{C} \quad \text{---} \quad \text{C}- \\ \qquad \qquad \\ \text{H} \qquad \qquad \text{H} \end{array}$
PET	$\begin{array}{c} \qquad \qquad \text{O} \qquad \qquad \text{H} \quad \text{H} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \quad \\ -\text{C} \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{C} \text{---} \text{O} \text{---} \text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \text{O} \text{---} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \quad \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
PPS	$\text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{S}$

Fig. 1 유전체별 분자구조

2.2 제작 방법

시료의 제작은 실제로 Metallized PPS film이 capacitor에 응용되었을때의 유전특성을 확인하기 위하여 아래의 Fig. 2 와 같은 process에 따라 제작하였다.

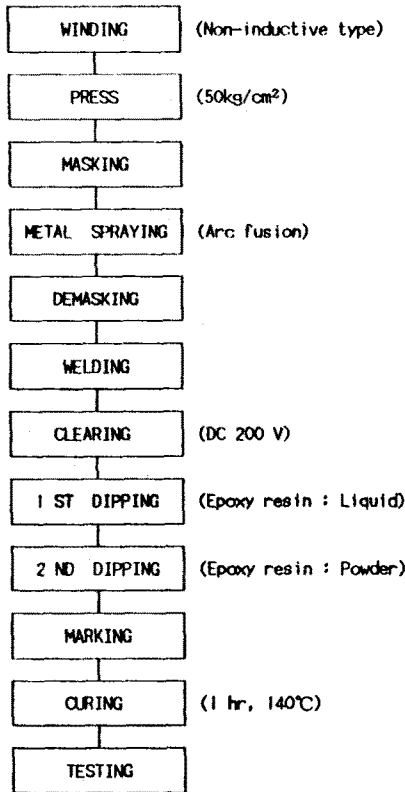
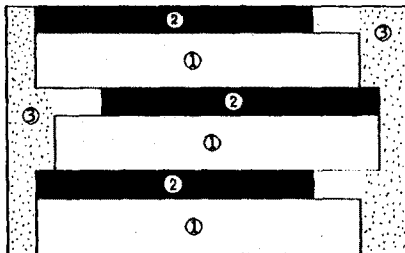


Fig. 2 주요 공정 약도

Capacitor의 용량은 유효전극간의 거리에 반비례하기 때문에 winding 후 element에 압력을 가하였으며 element와 lead-line의 접촉저항을 최소화하기 위하여 Fig. 3과 같이 진공중착막의 aluminium과 친화력이 좋은 zinc와 aluminium 합금으로 metallicon 하였다.



- ① PPS (base film)
- ② Metal (진공중착막)
- ③ Metallicon

Fig. 3 Metallized Film capacitor 기본구조의 단면도

Metallicon은 arc fusion 방식을 채택하였으며 2개의 가스다란 금속에 전압을 인가하여 접촉 시 발생하는 arc에 의하여 합금을 녹이고, 녹은 금속을 압축공기

로 분사시켜 부착시켰다.

Metallicon 제질은 aluminium과 접착력이 우수하고 melting point가 420°C 인 zinc와 lead-line과의 접촉을 용이하게 하기 위하여 melting point가 420°C 정도인 aluminium 합금을 사용하였다. 또, lead-line 제질은 선저항이 적은 copper line을 사용하였다.

Clearing은 film 자체의 결함부나 앞 공정중 element에 침투한 이물질 등을 제거하기 위한 공정으로 metallicon이 완료된 element에 전압을 인가하여 결함부의 낮은 저항에 의해 결함부로부터 전류가 흐르게 되고 Joule열에 의해 결함부 주변의 얇은 전극을 없애므로써 순간적으로 비산시킴으로써 결편을 회복시켰다.

Element의 변형방지와 특성측정시 환경조건에 대응하기 위하여 epoxy resin으로 dipping 하였다.

2.3 측정장치

본 실험에서 사용된 측정장치는 초저온 항온항습기와 LF impedance analyzer를 사용하였으며 block diagram은 Fig. 4와 같다.

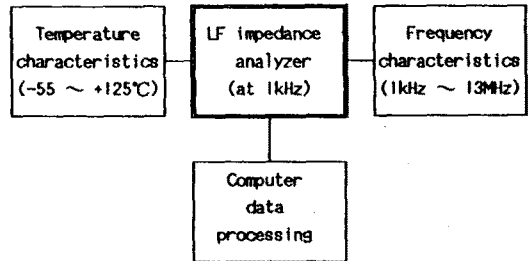


Fig. 4 측정장치의 block diagram

3. 결과 및 토의

유전체 film들은 Debye-equation을 잘 만족됨을 볼 수 있다.

측 물질내부에 공유결합에 의한 영구쌍극자 moment를 가지고 있음을 알 수 있다.

이 dipole에 의해 생기는 유전율은 온도에 따라 감소하게 되는데 Fig. 5의 PP film과 같은 모양이 된다. PET와 PPS film의 경우는 용점이 높아 측정온도를 좀더 상승시키면 유전율이 감소되리라 생각된다.

Fig. 6에서는 이 세가지 유전상수를 비교했을때 -55 ~ +125°C 사이에서 PPS film의 유전율의 변화가 거의 없음을 알 수 있으며 이와 같은 사실은 Table 1의 temperature coefficient에서도 잘 나타나고 있다.

PP와 PET film의 경우는 100°C 이상에서 유전율의

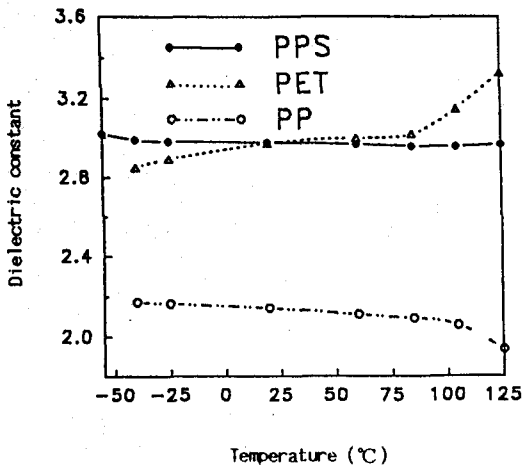


Fig. 5 온도변화에 대한 유전율의 변화

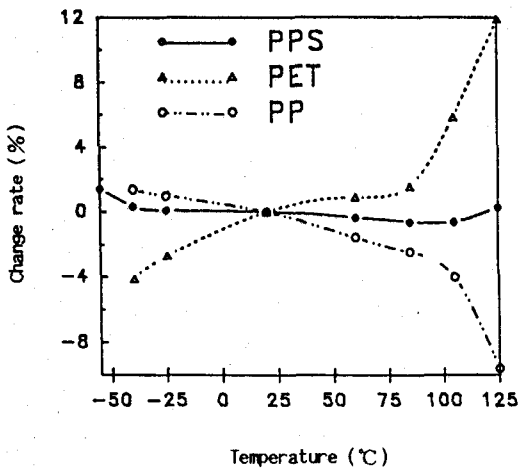


Fig. 6 온도변화에 대한 유전율의 변화율

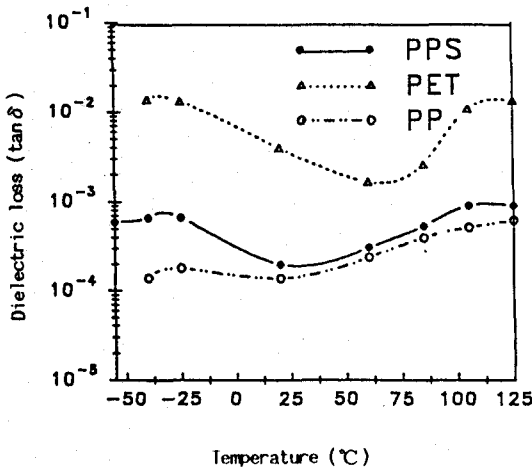


Fig. 7 온도변화에 대한 유전손실의 변화

변화율이 크게 나타나는데 이것은 transition temperature에서 dipole들이 random motion으로 유전율이 급격히 변할때 일어난다.

유전손실율은 PP나 PPS의 경우 큰 변화가 없으나 PET film의 경우 105°C 근처에서 resonance가 일어나 손실이 높아 그 이상의 온도에서는 capacitor로서 적당하지 않음을 알 수 있다.

Temperature coefficient는 다음과 같이 나타낸다.

$$T.C = \frac{85^\circ\text{C에서의 용량} - 20^\circ\text{C에서의 용량}}{20^\circ\text{C에서의 용량} \times (85^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})}$$

유전체	Temperature coefficient (ppm/°C)		
	20°C/85°C	20°C/105°C	20°C/125°C
PP	- 379	- 473	- 913
PET	- 236	+ 689	+ 1133
PPS	- 94	- 72	+ 50

Table 1 유전체별 temperature coefficient

다음으로 주파수특성은 Fig. 8 에서와 같이 10⁵Hz이하에서는 유전율의 변화가 거의 없음을 알 수 있고 Fig. 9의 유전손실도 10⁵Hz이하에서는 완만하게 증가함을 볼 수 있다.

이상의 결과로 PPS film은 고온 및 저온에서 유전율 및 유전손실의 변화가 거의 없고, 주파수에서도

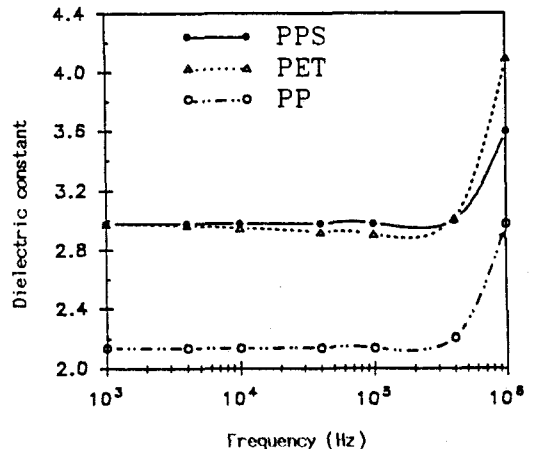


Fig. 8 주파수변화에 대한 유전율의 변화

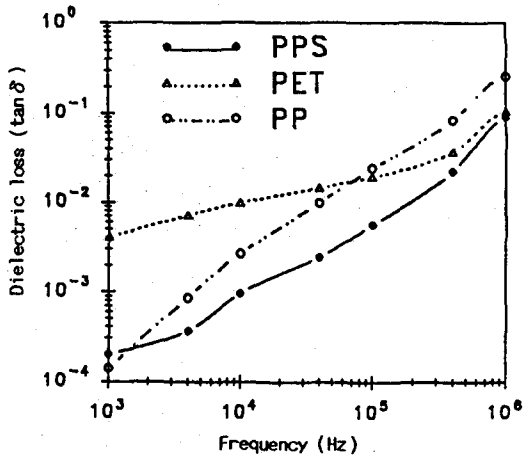


Fig. 9 주파수변화에 대한 유전손실의 변화

안정된 특성을 나타내고 있다.

따라서 PPS film을 유전체로 사용한 capacitor는 우수한 유전특성을 가지리라 본다.

4. 결 론

두께 4 μ m의 PPS film의 온도 및 주파수특성을 실험한 결과

- (1) 온도 (-55 ~ +125 $^{\circ}$ C)특성에서 유전율이 3.1 정도로 변화율이 거의 없는 안정된 값을 나타내었다.
- (2) 주파수 (1kHz ~ 13MHz)특성에서도 유전율의 변화가 거의 없으며 유전손실도 10⁶Hz 이하에서는 안정된 값을 얻었다.
- (3) Temperature coefficient는 온도에 의한 용량변화를 나타내는 것으로서 PPS film은 안정된 결정성의 중합으로 구성되어있기 때문에 temperature coefficient가 우수하여 어파기, 발전기, 회전조절기 등 시정수 회로용 capacitor로 각광을 받고, 또한 높은 온도에서도 특성저하가 나타나지 않으므로 납땜시 약 260 $^{\circ}$ C에 직접 접속되는 SMT(surface mounting technology)용 chip capacitor의 유전체로 활용도 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] J. H. Schulman, J. B. Birks, Progress in Dielectrics. volume 2 (Heywood & Company Ltd. 1960)
- [2] V. Hippel, Dielectrics and Waves.(The MIT Press 1954)
- [3] Franz Fritze, Siemens Components XXIV. 2, 75 (1989)
- [4] H. Mitsui, T. Yoshimitsu, Y. Mizutani, K. Uemoto,

IEEE Transactions on Electrical Insulation Vol. EI-16 No. 6, 533 (1981)

- [5] J. M. Herbert, Ceramic Dielectric and Capacitors. (Gordon and Breach Science Publishers 1985)
- [6] 이준용, 김용주, 이상석, KIEEME, Vol. 1, No 1, 54 (1988)
- [7] 국상훈, 고두석, 전기전자재료학회지 Vol.1, No 4,39 (1988)
- [8] Katsumi Yoshino, Mun Soo Yun, Masanori Ozaki, Japanese Journal of Applied Phys., Vol.22, No 10, 1510 (1983)
- [9] J. H. Schulman, J. B. Birks, Progress in Dielectrics. volume 3 (Heywood & Company LTD. 1961)
- [10] Charles Phelps Smyts, Dielectric Behavior and Structure. (McGraw-Hill Book Company, Inc. 1955)