Journal of the Korean Vacuum Society
Vol. 8, No. 2, May 1999, pp. 93~101

# 진공증착법을 이용하여 제조한 PVDF 유기 박막의 열적 · 전기적 안정 특성에 관한 연구

**박수홍* · 이덕출**

인하대학교 전기공학과
(1999년 9월 15일 접수)

# A Study on the thermal and electrical stability of PVDF organic thin films fabricated by physical vapor deposition method

**Su-Hong Park* and Duck-Chool Lee**

*Inha Univ., Electrical Eng.*
(Received September 15, 1999)

**요 약** – 본 논문의 목적은 진공증착법으로 제조된 PVDF 유기 박막의 전기적 열적 안정 특성을 검토하는 것이다. 기판 온도의 증가에 따라서 제조한 PVDF 유기 박막의 DSC 곡선에서 녹는점이 128°C에서 142°C로 증가하였다. 이와 같은 결과는 기판 온도의 증가에 따라서 제조한 PVDF 유기 박막은 결정 영역안의 분자간력이 증가함을 나타낸다. 저주파와 고온 영역에서 비유전율과 유전 손실의 비정상적인 증가는 PVDF 유기 박막이 불순물 캐리어를 포함하고 있기 때문에 나타나는 것이다. 이를 규명하기 위한 전기 전도 특성 평가에서 저전계 영역에서는 오옴의 법칙이 성립하고 고전계 영역에서는 이온성 전도의 일반적인 특성인 ln J와 ln E가 비례하는 것을 확인하였다. 이와 같은 결과는 전도의 주 캐리어가 이온임을 나타내어 주는 것이다. 전기적 안정 특성은 기판 온도의 증가에 따라 향상되었다. 이와 같은 실험적 결과를 바탕으로 전기적, 열적 안정 특성을 위한 최적의 기판 온도는 105°C임을 알 수 있었다.

**Abstract** – The purpose of this paper is to investigate the electrical and thermal stability of Polyvinylidene fluoride(PVDF) organic thin films prepared by the vapor deposition method. The differential scanning calorimetry curve of the PVDF organic thin films prepared by increasing substrate temperature showed that the melting curve increased from 128°C to 142°C. This result implied that the PVDF organic thin film prepared by increasing substrate temperature increased intermolecular force in the crystalline region. The anomalous properties in dielectric constant and dielectric loss at low frequency and high temperature were described for PVDF organic thin film containing impurity carriers. It was confirmed that in view of electric conductive characteristics the ohm's law is satisfied in the range of lower electric field and ln J was proportional to the electric field ln E as like the conventional property of ionic conduction in the range of higher electric field. It was confirmed that major carrier of conductivity was ions. The electrical stability was improved according to an increase of the substrate temperature. On the basis of this experimental result, it could be observed that the optimum temperature of substrate for the electrical and thermal stability was at 105°C.

## 1. 서 론

고분자 합성 기술의 급속한 발달은 다양한 구조와 물성을 갖는 재료들의 개발을 가능하게 하였고, 이들을 이용한 응용 면에서도 많은 진척을 보이고 있다[1]. 특히 유기 고분자 재료는 무기 재료에 비해 탁월한 가공성을 가지고 있어, 최근 전자 부품의 소형화, 경량화 추세에 부합될 수 있다는 측면에서 활발히 연구되어지고 있는 분야이다. 또한 이러한 경향은 좀더 절연 재료의 박막화, 고신뢰화가 요구되고 있으며, 이에 따른 새로운 유기 합성 박막 기술이 요구되고 있다[2].

특히 1969년 PVDF(Polyvinylidene fluoride) 필름에서

발견된 압전 특성(Piezoelectricity)은 고분자 재료를 단지 수동적인 의미의 절연 재료로써 뿐만 아니라 능동적인 분야로 확대시키는 계기가 되었다[3].

현재까지 PVDF의 결정 형태는 α, β, γ, δ 형의 4종이 발견되었으며, 이들 중에서 가장 큰 압전 특성을 갖는 β-PVDF의 결정 형태를 얻기 위한 기존의 일렉트렛트(Electret) 제조 방법들은 고전계 하에서 분극을 시키거나 4배 이상의 연신을 행하는 방법들이 주로 사용되고 있다[4]. 그러나 이러한 방법들은 고전계 하에서 필름 표면으로 흐르는 과전류에 의한 절연 파괴와 분자쇄가 필름 표면에 거칠게 배향되는 경향을 지니고 있으므로 고분자 압전 센서 재료로써의 응용을 위한 센서 재료 개발 공정에 그 한계가 지적되고 있는 방법들이다[5]. 또한 이러한 복잡한 공정은 시간적인 측면에서 비경제적일 뿐만 아니라 공정시 고분자 표면에 불순물이 흡착될 가능성이 있음으로 고분자 일렉트렛트의 물성에 치명적인 영향을 미칠 수 있는 방법들이다.

이에 본 연구실에서는 단점을 극복하고자 새로운 유기 합성 박막 기술의 하나인 진공증착법을 이용하여 유기 박막을 제조하였다. 그러나 이들 유기 박막에는 쌍극자, 전자, 정공, 이온 등과 같은 하전입자가 존재하는 경우가 많으며, 이들은 전기 전도에 기여하여 대체로 절연 특성을 저하하는 영향을 미친다. 따라서 전기적 안정 특성의 개선이라는 점에서 이들 하전입자의 거동을 파악하는 점과 하전입자의 밀도를 줄이는 점이 선행되어야 할 것으로 생각된다. 특히 진공증착법의 경우 고분자 물질의 열분해 특성을 이용한 것으로 미반응 물질이 박막내에 존재할 가능성이 큰 단점으로, 박막내의 불순물의 혼입은 비정상적인 계면 분극을 일으키는 원인이 되며, 또한 도전율의 증가에 따른 전기 안정 특성을 저해하는 원인이 된다[6].

이에 이러한 단점을 극복할 수 있는 최적의 박막 제조 조건을 제시하고자 하였으며, 제조된 박막의 전기 안정 특성 평가를 위해서 전기 전도 특성을 이용한 하전입자의 종류를 밝히고 제조 조건에 따른 유전 특성의 변화를 분석하였다.

## 2. 실 험

### 2.1. 실험장치

진공증착법을 이용한 PVDF 유기 박막 제조 장치는 크게 진공부, 검출부, 반응부로 제작되었으며, 반응부의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다.

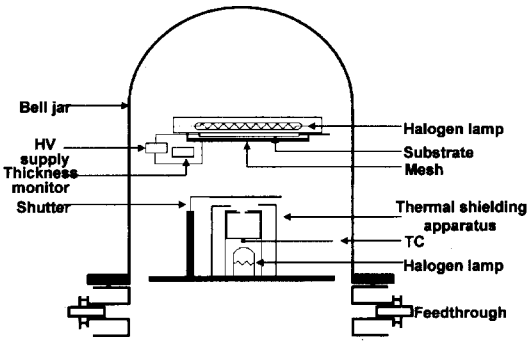


**Fig. 1.** Schematic diagram of reaction chamber apparatus.

반응부에는 크누드센 셀 형태의 포트와 포트($\phi = 16$ mm, $h = 40$ mm)의 열 차폐를 위한 열 차폐 장치, 그리고 기판 면에 정전계(Positive electric field)를 유도하기 위한 스텐레스 메시를 알루미나와 접촉하여 사용하였다. 포트와 기판의 발열원으로는 할로겐 램프를 이용하였으며, 장시간 온도 제어를 위해서 온도 조절기와 가변 저항을 연결하여 사용하였다. 또한 증발량과 PVDF 유기 박막의 두께를 일정하게 제어하기 위해서 수정 진동자식 막두께 측정기(Thickness monitor, INFICON Co., ITM-180)를 이용하였다.

### 2.2. PVDF 유기 박막의 제조 공정

글라스(76×26 mm) 표면에 묻어 있는 유기 용매의 제거를 위하여 마이크로 용액(5%)과 증류수(95%)를 혼합하여 초음파 세척기를 이용하여 20분간 초음파 세척을 한 후 마이크로 용액을 제거하기 위하여 증류수에서 20분씩 5번의 반복 세척을 하였다. 마지막으로 아세톤에서 세척을 한 후 건조시켜 사용하였다. PVDF 유기 박막의 유전 특성 평가를 위해서 유리 기판은 알루미늄으로 진공증착 시킨 후 전극의 안정화를 위해서 항온조에서 400°C로 10분간 열처리를 한 후 천천히 냉각시켜 하부 기판으로 사용하였으며, 기판을 발열원과 10 cm 떨어진 곳에 고정시켰다.

$2.0 \times 10^{-5}$Torr의 진공상태에서 기판의 온도를 30°C로 유지시켰고, 발열원의 온도를 6~8°C/min로 천천히 승온시켜 270°C에서 전계를 인가했다. 진공상태와 기판의 온도, 발열원의 온도를 일정하게 유지시킨 후 셔터를 열고 증착을 실시하였다. 증착량 제어와 일정한 두께의 박막을 얻기 위해서 수정진동자식 막두께 측정기를 이용

하여 증착 완료 시간을 설정하였으며, PVDF 유기 박막을 제조한 후 상부전극으로 알루미늄을 진공증착 하여 막 특성을 검토하였다.

### 2.3. 실험 방법

열증착법을 이용하여 제조한 PVDF 유기 박막의 유전 특성 및 전기 전도 특성은 측정 온도 20~100°C, 측정 주파수 10 Hz~4 MHz, 인가 전계 10~150 kV/cm로 각각 측정하였다.

먼저 유전 특성 분석은 임피던스 분석기 내부와 시편과 임피던스 분석기를 연결한 선의 저항(Resistance)과 인덕턴스(Inductance)를 보상하여 줌으로써 고주파 영역에서의 이들의 영향을 최소화시킴으로 좀더 정확한 정량 분석을 하고자 하였다.

전기 전도 특성의 경우 박막 표면으로 흐르는 표면 누설 전류에 의한 전류의 급격한 변화를 피하기 위해서 3단자법을 이용하였으며, 외부의 영향에 의한 미소 전류의 변화를 차단하기 위해서 시편은 구리 메시를 이용한 차폐함을 만들어 사용하였다. 미소 전류 측정기와 시편의 상, 하부 연결선은 차폐선(Model 7007-1, IEEE-488)을 이용하였다. 또한 항온조, 미소 전류 측정기, 가드링 전극(Guarded ring electrode)과 차폐함은 공통 접지를 함으로써 공통 모드 전압(Common mode voltage)을 제거하였다. 미소 전류계에서 나오는 값은 GPIB (General Purpose Interface Board) 카드를 이용하여 컴퓨터로 직접 전송 받았으며, 이때 측정값은 매초당 하나의 데이터로 전송 받도록 프로그램화하였다. Fig. 2는 전기 전도 특성 실험을 위한 측정 장치도와 시편의 구조를 나타낸 것이다.

제조된 PVDF 유기 박막의 열 안정 특성의 검토는 시차 주사 열량 분석기(DSC : Differential Scanning Calorimetry, PerkinElmer, DSC-7)를, 분자량과 분자량 분포는 겔-투과 크로마토그래피(Gel Permeation Chromatography, Waters Co., 410RI/486UV)를 이용하였다. 결정화도의 분석은 X선 회절 분석기(XRD: X-Ray Diffractometer, Philips Co., X'Pert-MPD DY616)를 이용하여 얻은 값에 Non-linear curve fitting software를 적용시켜 그 결과값을 얻었다. 또한 박막의 두께 측정을 위하여 엘립소메타(Ellipsometer, PLAS MOS Co., SD 2302)를 사용하였다. 유전율 분석을 위해 임피던스 분석기(Impedance analyzer, Hewlett Packard Co., LF4192)와 항온조(Thermostatic oven, Ando Co., TO-19)를 사용하

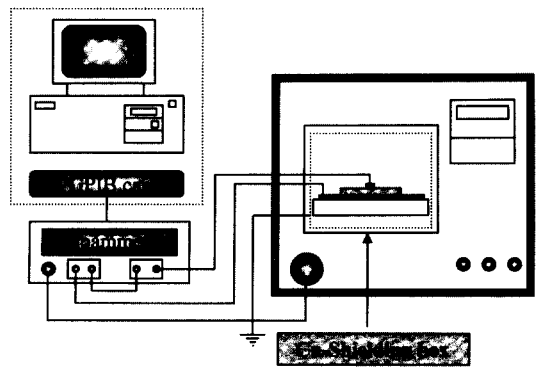

**Fig. 2.** Schematic diagram of conductivity measurement system.

여 각각의 주파수에 대해서 5회 측정한 후 평균값을 채택하여 분석에 사용하였다. 전기 전도 측정은 미소 전류 측정기(Picoammeter/Voltage source, Keithley Co., Model 487)를 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 기판 온도에 따른 증착 특성

진공증착법을 이용한 PVDF 유기 박막 제조시에 발열원의 온도와 인가 전계를 270°C, 142.8 kV/cm로 각각 고정시키고, 기판의 온도를 변화시켰을 때의 증착 특성을 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3의 결과를 살펴보면 기판 온도를 30~130°C로 변화시켜 제조할 경우 증착량은 10.5~0 Å/min로 감소함을 알 수 있다. 특히 기판 온도가 105°C 이상에서의 증착량은 급격히 감소하여 130°C가 될 때 증착막이 거의 성장되지 않았다. 이와 같은 결과를 과포화도와 응집 에너지의 개념을 도입하여 해석하여 보면, 과포화도(단, 과포화도란 기판 면에 입사하는 분자수와 재 증발하는 분자수의 비)가 작을 경우 즉, 기판 온도가 낮아 기판 면에서 재 증발하는 입자수가 적을 경우에는 기판 상에 입사된 기체 분자는 병진, 회전 운동을 할 공간적이면서 시간적인 여유가 없으므로 일정한 두께의 박막을 성장시키는 데 소요되는 시간은 감소한다. 반면에 과포화도가 클 경우에는 기판면 상에 입사된 기체 분자가 병진, 회전 운동을 할 시간적이면서 공간적인 여유가 존재함으로 재 증발할 가능성이 증가됨으로 일정한 두께의 박막을 제조하는 데 상당한 시간이 소요된다는 것이다. 본 실험에서 제조한 PVDF 유기 박막의 경우 융해가

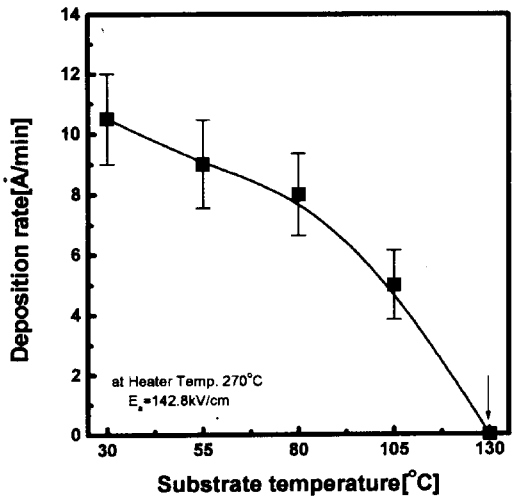


**Fig. 3.** Effect of substrate temperature on PVDF deposition rate.

128°C 부근에서 시작하여 142°C에서 최대 피크값을 나타냄을 이미 보고한 바 있다[7]. 즉 융해가 시작되는 영역에서 과포화도와 응집 에너지는 최소값을 가짐으로 기판 면에 입사된 대부분의 기체 분자가 재 증발함으로써 박막이 거의 성장되지 않은 것으로 생각된다. 이와 같은 증착 특성 결과를 토대로 박막 성장의 경제성을 고려하여 기판 온도를 30~105°C로 변화시켜 박막을 제조하였다.

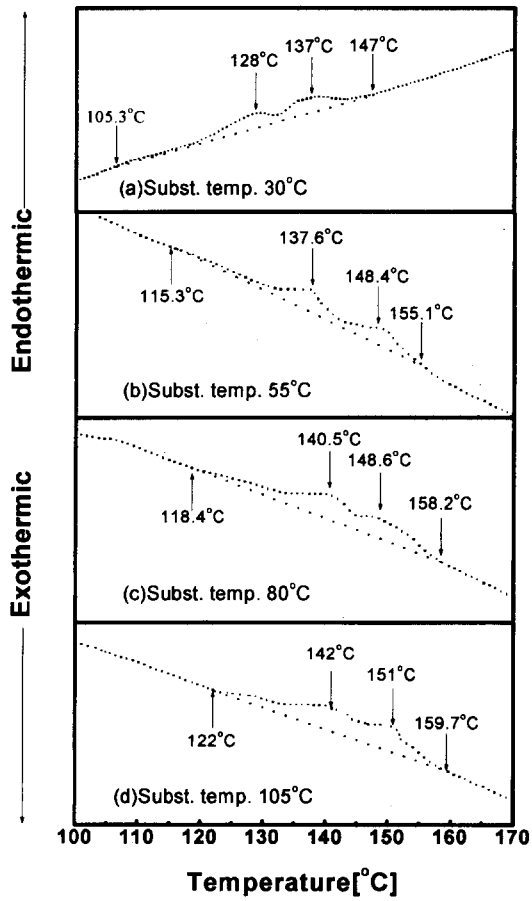


**Fig. 4.** Dsc curve of PVDF organic thin films.

### 3.2. 열 안정 특성

제조 조건의 변화에 따른 시편의 열 안정 특성을 살펴보기 위하여 시차 주사 열량 분석기를 이용하여 얻은 값을 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4의 결과를 살펴보면, 광범위한 영역에 걸쳐서 녹는점이 형성되고 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 일반적인 고분자 물질의 열분해 특성으로써 고분자 물질이 일정한 크기의 분자량 분포를 갖지 않거나 결정화도(Degree of crystallinity)의 차이에 의하여 나타나는 현상이다. 즉, 결정성 고분자 고체 내부에 있어서 결정 크기의 불 균일성 때문에, 가열에 의해서 작은 결정 부분이 먼저 흩어져 무정형 부분이 되고, 그 결과로써 결정 부분과 무정형 부분의 비율이 온도와 더불어 조금씩 변하며, 끝으로 고분자 전체가 액상이 되기까지에 수도에서 수십 도의 폭이 생기는 것이다[8]. 그러므로 고분자의 녹는점은 일반적으로 흡열량이 가장 큰 값으로 나타낸다.

기판 온도를 30°C로 고정 시켜 제조한 PVDF 유기 박막의 경우 녹는점이 128~137°C에서 나타난 반면에 105°C에서 제조한 시편의 경우 142°C와 151°C에서 열 안정 특성이 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과를 분자량(Molecular weight)과 분자량 분포(Poly-dispersity)적 측면에서 고찰하기 위해서 겔-투과 크래마토그래피로 측정한 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1의 결과를 살펴보면 수평균 분자량(Number average molecular weight)이 2000에서 2140으로 증가하고 있으며, 분자량 분포는 1.1에서 1.075로 안정된 형태를 띠고 있으나 그 차이가 크지 않음으로 직접적으로 열 안정 특성에 관여한다고는 볼 수 없다. 그러므로 위와 같은 녹는점의 변화 요인을 분자량적 관점에서보다는 결정화도의 변화적 측면에서 찾기 위해서 X선 회절분

**Table 1.** Molecular weight distribution of PVDF thin films as a function of substrate temperature

| Substrate temperature [°C] | Number average molecular weight [$M_n$] | Weight average molecular weight [$M_w$] | Polydispersity [$M_w/M_n$] |
|---|---|---|---|
| 30 | 2010 | 2210 | 1.1 |
| 55 | 2050 | 2240 | 1.093 |
| 80 | 2140 | 2300 | 1.075 |
| 105 | 2138 | 2302 | 1.077 |

석기를 이용한 결정화도를 산출하였다. 이때 기판 온도를 고온으로 유지시켜 제조한 시편일수록 결정화도는 47~67.8%로 급격히 증가함을 알 수 있었다. 즉, 이러한 결정화도의 증가는 무정형 부분에 비해 결정 내부의 분자간력(Intermolecular force)과 분자내력을 증가시키는 요인으로 작용하여 열안정 특성이 증가하는 것으로 생각된다.

### 3.3. 전기적 안정 특성

기판 온도를 30~105°C로 변화 시켜서 제조한 PVDF 유기 박막에 대한 주파수 변화에 따른 비유전율과 유전손실 특성을 Fig. 5에 나타내었다.

저온으로 고정시켜 제조한 시편일수록 측정 온도가 고온, 저주파 영역에서 계면 분극(interfacial polarization)의 발생이 뚜렷함을 알 수 있었다. 반면에 저온 영역과 고주파 영역에서의 유전 특성 분석에서는 이러한 비정상적인 변화가 작게 나타났다. 계면 분극의 발생 원인은 고분자 내부의 캐리어가 전극과 고분자 표면으로 이동함으로써 발생되는 현상으로 Fig. 5의 결과를 고찰하여 보면 저온에서 제조한 시편내의 캐리어 밀도가 고온에서 제조한 시편에 비해 많이 존재한다는 것을 간접적으로 나타내어 주는 결과이다.

먼저 이러한 비정상적 특성(anomalous properties) 변화를 유전 특성적 기구 해석으로 해석하고자 Cole-Cole 그림을 이용하였으며, Fig. 6에 나타내었다.

이와 같은 특성을 기구 해석적 측면에서 분석하여 보면, $Na_2O$-CaO-$SiO_2$의 경우 전도성 캐리어를 포함하고 있는 재료로서 캐리어의 종류가 이온의 경우는 저주파수와 고온 영역에서 현저한 분산과 흡수가 관측이 되나, 전자의 경우는 식 (1)과 같은 특성을 나타낸다[9].

$$\varepsilon_r' = \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_o} \tag{1}$$

여기서 $\varepsilon_r'$은 유전 손실(dielectric loss), $\sigma$는 도전율(conductivity), $\omega$는 각주파수(angular frequency)이다. 식 (1)을 살펴보면 유전 손실은 주파수에 반비례해서 변화하나 비유전율은 주파수의 변화에 대해서 전혀 영향을 받지 않는다는 측면에서 계면 분극을 일으키는 주 캐리어가 이온임을 기구 해석적 측면으로 분석할 수는 있으나 명확하지 않은 점이 존재하는 것도 사실이다. 이에 직류 전도 메커니즘을 통해 캐리어로써 작용하는 불순물의 종류를 밝히고, 기판 온도 제어를 통해 제조된 시편의 전기 안정 특성을 검토하고자 한다. 이에 위의 가정을 명확히 하고자 측정 온도를 변화시키면서 전계에 따른 전류 밀도와의 관계를 검토하여 Fig. 7에 나타내었다.

먼저 인가 전계의 크기를 산출하기 위해서는 제조된 PVDF 유기박막의 정확한 두께의 산출이 필요하다. 이에 제조된 PVDF 유기 박막으로 확산되어 들어간 전극 물질의 침투 깊이를 계산하기 위하여 오제이 전자 분광기(Auger Electron Spectroscopy, PerkinElmer, PHI-670)를 이용하여 측정한 결과, 순수한 PVDF 유기 박막의 두께가 2700 Å임을 알 수 있었다.

전계의 증가에 따라서 전류 밀도가 선형적으로 변화하는 영역인 오옴성 영역(I)은 30 kV/cm 이하에 존재하며, 그 이상은 비선형적 고전계 영역(II)으로 이루어졌음을 Fig. 7을 통해서 알 수 있다. 또한 기판 온도를 증가시켜 제조한 시편일수록 전류 밀도가 작게 나타남을 알 수 있는데, 이와 같은 결과는 기판 온도를 증가 시켜 제조한 시편일수록 내부의 불순물 캐리어 밀도가 감소했다는 것을 의미한다. 이러한 실험 결과를 이온성 전도 이론식으로 분석하여 보면, 다음과 같이 표현된다[10].

$$J = J_o \exp\left(\frac{qaE}{2kT}\right)\exp\left(-\frac{U}{kT}\right) \tag{2}$$

여기서 q는 전하량($1.602\times10^{-19}$C), $a$는 이온의 호핑 거리 Å, $k$는 볼쯔만 상수($1.38\times10^{-23}$J/K), J는 전류 밀도(A/

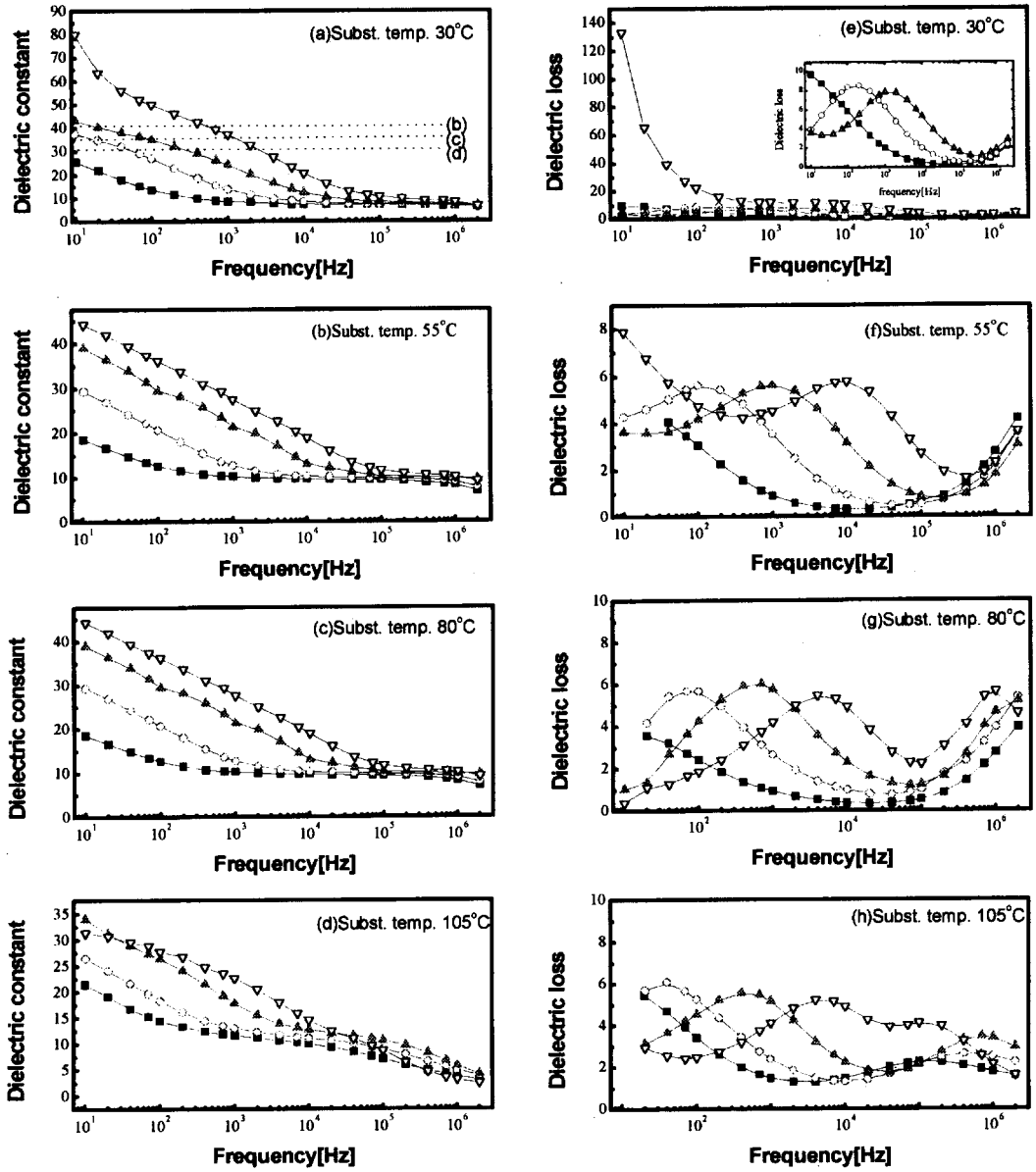


**Fig. 5.** Relative dielectric constants and dielectric loss of PVDF organic thin films as a function of frequency (■: 25°C, ○: 50°C, ▲: 75°C, ▽: 100°C).

$cm^2$), U는 활성화 에너지(eV), T는 절대 온도(K)이다.

이온성 전도에 있어 저전계 영역에서는 전류 밀도와 전계, 고전계 영역에서는 전류 밀도 ln $J$와 전계 ln $E$가 비례 관계가 성립한다. 그러므로 Fig. 6에 의하면 전도 메커니즘이 이온성 전도의 형태를 띠고 있음을 알 수 있다. 이에 이온성 전도의 캐리어 수송 메커니즘인 호핑 모델을 이용하여 호핑 거리를 구하여 Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 8의 결과를 살펴보면 기판 온도가 고온에서 제작한 시편에서 보다 저온에서 제조한 시편의 이온 호핑이 활발함을 알 수 있는데, 이는 저온에서 제조한 시편의 경우 결정화도가 고온에서 제조한 시편에 비해 작기 때

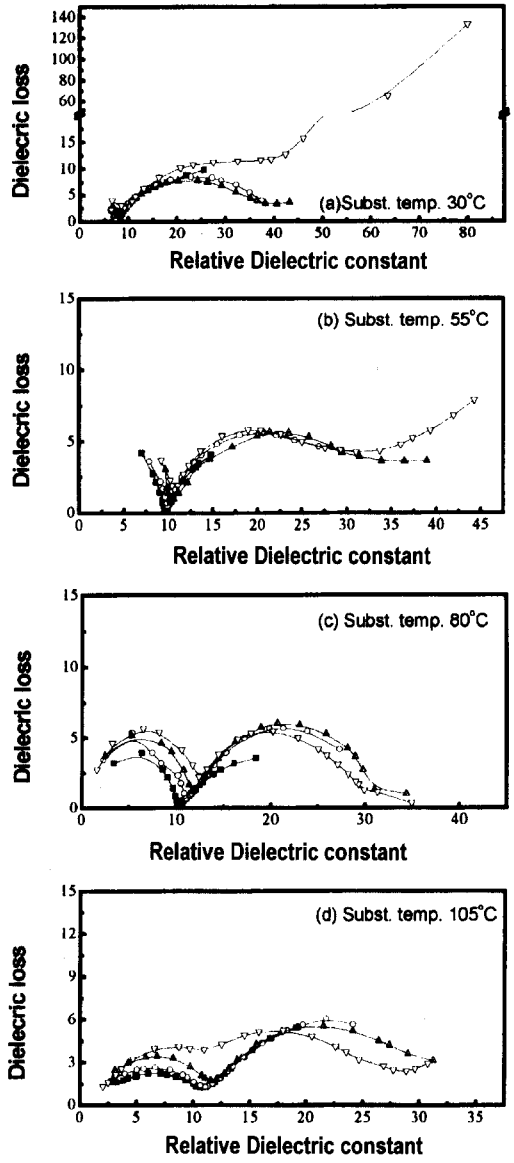


**Fig. 6.** Cole-Cole plot of PVDF organic thin films (■: 25°C, ○: 50°C, ▲: 75°C, ▽: 100°C).

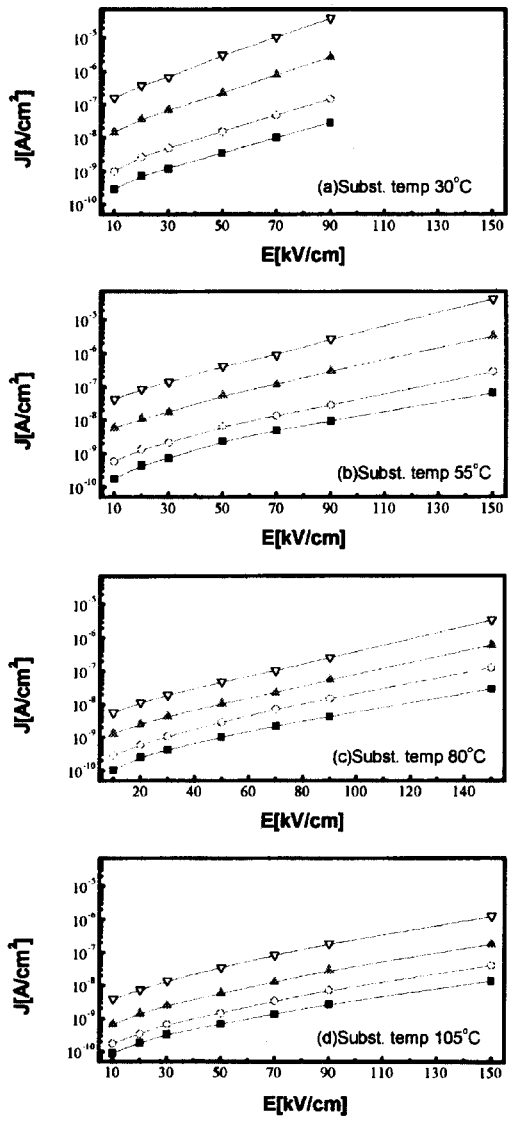


**Fig. 7.** Current density variation as a function of electric field (■: 25°C, ○: 50°C, ▲: 75°C, ▽: 100°C).

문에 나타나는 결과라고 생각된다. 즉, 점성 저항의 감소에 따른 이온의 호핑이 보다 자유롭기 때문에 나타나는 현상이라고 생각된다.

또한 측정 온도의 증가에 따라 각각의 제조 조건에서 제조한 시편의 호핑 거리는 비례적으로 증가함을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 캐리어가 이온임을 다시 한번 확인시켜주는 것으로써 일반적으로 전자나 정공의 경우 온도의 증가에 따라 호핑 거리가 감소하는 반면에 주 캐리어가 이온일 경우는 증가하는 경향을 지니고 있다.

이러한 결과를 바탕으로 유전 특성에 미치는 이온 불순물들의 영향을 다음 식에 의해서 정량적으로 분석할 수 있다[11].

$$\varepsilon_r' \frac{2vq^2}{kT} \cdot \left(\frac{D}{f}\right) \tag{3}$$

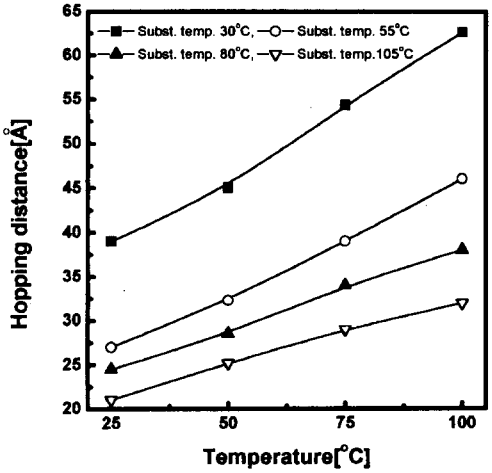


**Fig. 8.** Hopping distance as a function of temperature.

$$\tan\delta = \frac{\varepsilon_r'}{\varepsilon r} = 1\sqrt{\frac{\pi f}{D}} \quad (4)$$

여기서 $l$ : 전극간 거리(cm), D : 확산 계수($cm^2/s$), $k$ : 볼쯔만 상수($1.38\times10^{-16}$erg/K), q : 전하량($4.8\times10^{-10}$esu), T : 절대 온도(K), μ : 이동도($cm^2/V\cdot s$)이다. (단, 확산 계수 D는 전극간 거리보다 작아야 한다.)

이러한 이온 불순물들에 의한 유전 특성의 비정상적 거동을 정량적으로 분석하기 위해서 위의 식을 이용하여 고분자 절연체에 있어서 전기적 물성에 영향을 미치는 이동도와 이온 밀도의 곱을 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 9의 결과를 살펴보면 기판의 온도를 30°C에서 105°C로 변화시켜 제조한 시편의 경우 이동도와 이온 밀도의 곱은 $4.626\times10^{8}$~$8.47\times10^{7}V^{-1}\cdot cm^{-1}\cdot s^{-1}$로 감소함을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 기판 온도를 고온으로 유지시킬수록 내부 불순물의 혼입을 방지할수 있기 때문에 전기적으로 더욱더 안정된 물질을 얻을 수 있음을 나타내어주는 결과라 하겠다.

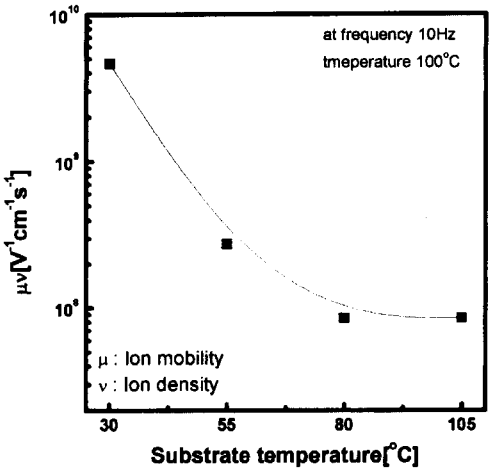


**Fig. 9.** Ion mobility multiply ion density of PVDF thin films as a function of substrate temperature.

이상의 고온, 저주파수 영역에서의 유전 특성 분석 결과는 PVDF 기체 분자가 증발하여 기판 면에 성장할 때 기판의 온도가 높아질수록 열 해리에 의해 발생되는 이온 불순물들은 기판 면에 입사된 기체 분자 상호간의 응집 에너지가 작아짐으로써 박막으로 성장되기보다는 재증발하기 때문에 나타나는 결과라고 생각된다.

## 4. 결 론

진공증착법을 이용하여 제조한 PVDF 유기 박막의 전기적 안정 특성을 검토하고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 기판 온도를 30~105°C로 변화 시켜 제조한 각각의 PVDF 유기 박막의 열 안정 특성은 기판 온도에 비례하여 증가하는 특성을 지니고 있었으며, 이와 같은 결과는 PVDF 유기 박막 내부의 분자쇄들간의 분자간력의 증가에 따라서 나타나는 결과이다.

2. 유전 특성 분석에서 비정상적인 계면 분극을 일으키는 발생 원인을 직류 전도 메커니즘 에 의한 전기전도 특성을 이용하여 분석한 결과 이온 불순물에 의한 것임을 알 수 있었으며, 또한 기판 온도의 증가에 따라서 제조한 PVDF 유기 박막의 비정상적인 계면 분 극 특성은 이온 밀도와 이동도의 감소에 따라서 작게 나타남을 알 수 있었다.

## 참고문헌

[1] S. Hurmila, H. Stubb, J. Pittanen, K. Landenpera and A. Penttinen, *Ferroelectrics* **115**, 267 (1991).
[2] 田 和弘, 湯田坂雅子, 南 直樹, 中西 和美, 日本電氣化學學會 **53**(3), 209 (1985).
[3] H. Kawai, *Jpn., J. Appl. Phys* **8**, 975 (1969).
[4] G. T. Davis, J. E. Mckinney, M. G. Broadhurst, and S. C. Roth, *J. Appl. Phys.* **49**, 4998 (1978).
[5] A. J. Lovinger, Science **22**, 1115 (1983).
[6] C. Y. Park, ed. by K. H. Han (Ban-Do Publisher, 1993).

[7] 이덕출, 박수홍, 임응춘, 최충석, 대한전기학회 **45** (11), 1573 (1996).
[8] F. Millich, B. F. Hauber, J. Polymer Sci. : Polymer physics edition **26**, 1217 (1988).
[9] A. Von Hippel, ed by The M.I.T. university (The M.I.T press, 1954).
[10] Chen C. Ku and Raimond Liepins, ed. by Donald A. Seanor (Hanser Publishers, 1987).
[11] S. Uemura, *J. Polymer Sci. : Polymer physics edition* **12**, 1177 (1974).