

## 전력설비용 Polyimide의 전압-전류특성

### Voltage-Current Properties of Polyimide use Electronical Power Installation

°전 동 규 동신대학교 대학원 전기전자공학과  
이 경 설 동신대학교 공과대학 전기전자공학과

°D. K. Chon Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ., grad.  
K. S. Lee Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ.

#### Abstract

We investigate the qualities of organic materials by which can manufacture organic thin films for solar cells and make thin films for insulation layers of an insulated cable. We give pressure stimulation into organic thin films and detect the induced displacement current, In processing of a device manufacture, We can see the process is good from the change of a surface pressure for organic thin films and transfer ratio of area per molecule. The structure of manufactured device is Au/organic thin films(polyimide)/Au and I-V characteristic of the device is measured from 0[V] to +5[V]. The maximum value of measured current is increased as the number of accumulated layers are decreased. The resistance for the number of accumulated layers, the energy density for an input voltage show desired results, and the insulation of a thin film is better as the interval between electrodes is larger.

#### 1. 서 론

현재 조명 및 설비분야의 기기들에 적용된 재료들은 대부분 고분자 재료 및 무기 재료 등이 광범위하게 사용되고 있지만 기기 및 설비들의 미세화, 경량화 및 고효율화를 위하여 유기 재료의 이용기술이 새롭게 제안되어 오고 있다.

유기재료를 이용한 박막은 분자 레벨의 기능성 소자로서 절연기구의 절연층 박막화와 유기박막 태양전지 등을 제작하기 위한 적용 기술에 대한 관심이 대단히 높아지고 있다.

유기박막의 형태는 초박막으로서 박막을 구성하고 있는 분자들을 전기적인 제어에 의해 규칙적으로 배열, 배향할 수 있다고 하는 장점이 있다.<sup>[1-3]</sup>

따라서 본 연구에서는 유기절연재료로 분류된 polyimide를 수면에 전개시켜 분자들의 운동상태에 따른 전기특성을 평가하였고 디바이스를 제작하기 위한 박막의 제작조건을 검출하였으며 검출된 제작조건에 의하여 MIM(Au/유기박막/Au)구조의 디바이스를 제작하여 전기적인 특성을 측정하였으며 절연체로서의 특성을 평가하기 위하여 누설전류에 따른 절연저항 및 전극사이의 거리와의 의존성을 평가하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1. 이 론

2.1.1. 유기박막의 자격전달에 따른 전기 특성

식 (4)와 같다.

상부전극 아래에 존재하는 분자들의 동적인 거동에 따라 유기된 전하량  $Q[C]$ 는 식 (1)과 같다.

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad (4)$$

$$Q = -N \frac{m_z}{d} + \frac{\epsilon_r \epsilon_0 (V - \phi_s) S}{d} \quad (1)$$

이 때, 유전체 내부에 축적된 에너지 밀도  $u$ 는 식 (5)와 같다.

여기서,

$$u = \epsilon_0 \frac{KV^2}{2d^2} \quad (5)$$

$N$  : 상부전극 아래에 존재하는 분자수 [개]

$d$  : 상부전극과 수면과의 거리 [  $m$  ]

$\mu_z$  : 쌍극자모멘트 [  $D$  ]

$\epsilon_r$  : 공기의 비유전율

$\epsilon_0$  : 진공 유전율 [  $8.854 \times 10^{-12}$  ]

$V$  : 전위차 [  $V$  ]

$\phi_s$  : 수면의 전위 [  $V$  ]

$S$  : 상부전극의 면적[  $m^2$  ]이다.

커패시터가 충전된 후 흐르는 전류는 누설전류성분이며 누설전류는 일정한 시간 동안 직류전압을 인가하여 측정함으로써 얻을 수 있다. 누설 전류는 전압과 온도가 증가함에 따라 급격히 증가하고 시험 전압에서 누설전류로부터 커패시터의 저항을 계산 할 수 있으며 커패시턴트 절연저항  $R_{leakage}$ 는 식 (6)과 같다.

또, 유기단분자들의 동적인 거동에 따른 변위전류  $I[A]$ 는 식 (1)에 유기된 전하량  $Q$ 를 시간  $t$ 에 따라 미분함으로써 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다<sup>[4-6]</sup>.

$$R_{leakage} = \frac{V_{test}}{I_{leakage}} \times C \quad (6)$$

$$\begin{aligned} I &= - \frac{dQ}{dt} \\ &= \left( \frac{m_z}{d} \right) \frac{dN}{dt} + \left( \frac{N}{d} \right) \frac{dm_z}{dt} \\ &\quad + \left( \frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{d} \right) \frac{d\phi_s}{dt} \end{aligned} \quad (2)$$

## 2.2. 실험

### 2.1.2. I-V와 절연저항

두 도체사이에 절연체를 두면 축적되는 전하량은 전극 사이의 전압 차에 비례하고 전극 면적  $S$ 와 전극사이의 간격  $d$  및 절연체의 비유전상수에 의존하게 되며, 식 (3)과 같다.

본 연구에 사용된 시료는 내열성과 절연성이 우수한 Polyimide(PI)로서 Kapton과 C18DMA(N, N-Dimethylnoxa decylamine)를 1:2의 체적비로 혼합하여 사용하였으며 benzene을 용매로 하여 0.333 [  $mmol/l$  ]의 농도로 조성하였다.

$$C = \epsilon_0 \frac{KS}{d} \quad (3)$$

실험에서는 slide glass(13×38×1mm)를 기판으로 사용하여 하부전극을 Au로 형성하고 LB제막장치 (NLE Kuhn type)를 사용하여 Y-type으로 각각 41, 35, 31층의 LB막을 제막한 후, 상부전극으로 Au를 증착시켰다.

여기서,  $\epsilon_0$  : 진공유전율

$K$  : 비유전상수

제작된 Au/유기박막(polyimide)/Au구조의 디바이스를 aluminum shield box에 장착하고 Keithley 6517 electrometer를 사용하여 전류-전압(I-V)을 측정하였다. 인가전압은 DC power supply를 사용하여 0[V]~5[V]의 범위에서 0.5[V]씩 승압하였다.

커패시터( $C$ )가 충전될 때 외부 전원에 의한 일 에너지  $W$ 는 커패시터에 충전된 에너지로 표시되며

## 2.3. 결과 및 고찰

### 2.3.1. 수면 위의 변위전류

그림 1은 유기단분자(polyimide)를 수면에 전개시

켜 단분자막을 형성한 후 압력자극을 인가했을 때 분자의 점유면적에 대한 표면압, 변위전류 및 쌍극자모멘트의 변화 결과이다. a영역인  $530[\text{\AA}^2]$ 부근의 면적에서 분자들의 운동이 시작되어 b영역( $250\sim 195[\text{\AA}^2]$ )에서 변위전류 최대값과 쌍극자모멘트의 최대값 및 변이 형태가 잘 일치함을 알 수 있었으며 이는 트러프에 전개된 분자수가 면적에 비하여 적기 때문에 분자의 운동량(쌍극자모멘트)이 많아서 발생되어진 최대값이라고 생각된다.

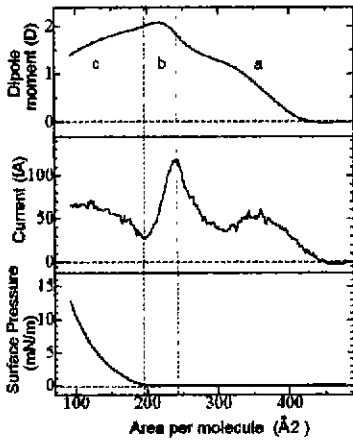


그림 1. 분자당 점유면적에 따른 표면압, 변위전류 및 쌍극자모멘트특성 결과

Fig. 1. Properties result of surface pressure, displacement and dipole moment by area per molecule

### 2.3.2. 누적조건 검출

그림 2는 LB막 누적을 위한 제막조건을 결정하기 위한 표면압-면적( $\pi-A$ )곡선의 실험 결과이다. 분자의 점유면적이 약  $53[\text{\AA}^2]$ 에서 표면압의 변화가 시작하였으며 이는 기상상태에서 기상/액상상태로의 상전이현상으로 생각되어지며 표면압이 급증함에 따라 액체막으로부터 유기단분자막의 최대응축상태인 고체막으로 형성되는데 고체막을 형성하는 범위는 약  $12\sim 22[\text{mN/m}]$ 까지라고 생각되어  $15 [\text{mN/m}]$ 를 누적조건으로 결정하였다.

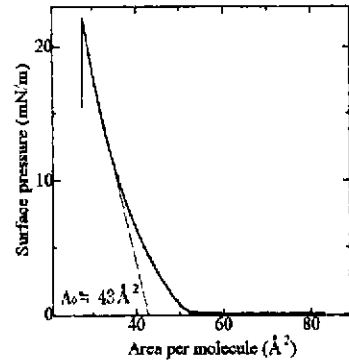


그림 2. 시료의  $\pi-A$  곡선  
Fig. 2.  $\pi-A$  isotherm of sample

### 2.3.3. I-V 측정과 저항

그림 3은 Y-type으로 각각 41, 35, 31층을 누적인 Au/polyimide/Au 디바이스에 전압을 인가하여 검출된 I-V 특성으로서 제작된 디바이스에  $0[\text{V}]\sim +5[\text{V}]$ 의 범위에서  $0.5[\text{V}]$ 씩 승압시켜 가면서 측정하였으며 전압의 인가시 전하의 축적에 기인한 누설전류 및 절연저항 등을 고려하여 1분 정도의 시간이 지난 후 전류를 측정하였다. 전기특성 실험 결과 인가 전압에 따른 최대전류값은 각각 31층에서  $300[\mu\text{A}]$ , 35층에서는  $150[\mu\text{A}]$ , 41층에서  $40[\mu\text{A}]$ 로서 전류의 최대값은 누적층수가 적을수록 크게 나타남을 알 수 있었고 각 누적층수에 따른 저항값은 측정값과 계산값이 거의 일치함을 알 수 있었다.

### 2.3.4. 인가전압과 에너지 밀도

그림 4는 식 (3), (4)와 (5)로부터 인가전압과 에너지 밀도에 대한 전극 사이의 거리 의존성을 확인하기 위하여 실험값을 적용하여 계산한 값이다. 누적층수에 따른 에너지 밀도는 전극과의 거리가 클수록 감소함을 알 수 있었다. 나타난 결과로 보아 누적층수가 많을수록, 전극사이의 거리가 클수록 에너지 밀도의 크기는 반비례함을 알 수 있었다.

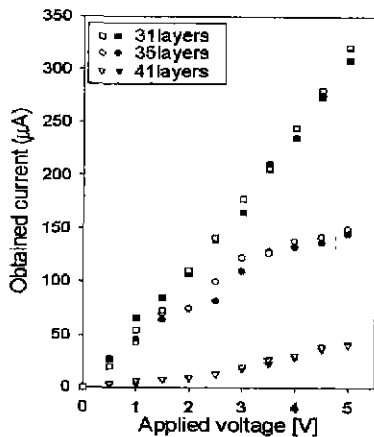


그림 3. 시료의 I-V 특성(Y-type, 41, 35, 31층)  
Fig. 3. I-V characteristics of sample  
(Y-type, 41, 35, 31 layers)

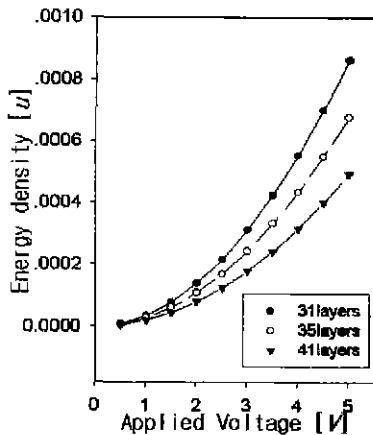


그림 4. 인가전압과 에너지 밀도와의 관계  
Fig. 4. Relation of energy density  
and applied voltage

### 3. 결 론

본 연구에서는 유기박막을 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) Polyimide 유기 단분자막의 최대응축상태로 부터 15[mN/m]의 제막 조건을 얻을 수가 있었다.

- (2) 제막조건으로 결정된 15[mN/m]로 기관 위에 Au/유기박막/Au형태를 31층, 35층, 41층으로 다층 누적하고 디바이스를 제작하였으며, 제작된 디바이스의 전기특성 실험 결과 인가전압에 따른 최대전류값은 31층 300[ $\mu$ A], 35층 150[ $\mu$ A], 41층 40[ $\mu$ A]로서 전류의 최대값은 누적층수가 적을수록 크게 나타남을 알 수 있었고 각 누적층수에 따른 저항값은 측정값과 계산값이 거의 일치함을 알 수 있었다.

- (3) 인가전압에 따른 에너지밀도의 거리의존성은 전극사이의 거리 d에 반비례함을 알 수 있었으며 잘 일치되는 것으로 보아 Polyimide유기박막은 비교적 양호한 전기절연특성을 나타냄을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [1] A. Fischer, M. Lösche, H. Möhwald and E. Sackmann, "On the Nature of Lipid Monolayer Phase Transition", J. Physique Lett., vol. 45, pp. 785~791, 1984.
- [2] A. Miller, C. A. Helm and H. Möhwald, "The Colloidal Nature of Phospholipid Monolayers", J. Physique, vol. 48, pp. 693~701, 1987.
- [3] T. Kubota and M. Iwamoto, "Measurement of displacement current across single monolayers with thermal stimulation", Rev. Sci. Instrum., vol. 64, pp. 2627~2631, 1993.
- [4] 岩本光正, "水面上のL- $\alpha$ -ジオレイルレシテン單分子膜の面積変化により發生する変位電流の檢出", 膜, 15(6), pp.329~335, 1990.
- [5] Mitsumasa Iwamoto and Yuichiro Kanai, "Maxwell displacement current across monolayer polyimide Langmuir-Blodgett films with azobenzene by photoirradiation", J. Appl. Phys. 74(2), pp. 1131~1137, 1993.
- [6] Irving Langmuir, "The Constitution and Fundamental Properties of Solids and Liquids. II. Liquids.", J. Am. chem. Soc. 39, pp. 1848~1906, 1917.