1999년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 1999. 7.19-21

폴리이미드 유기초박막의 유전특성에 관한 연구

°전 동 규* 동신대학교 대학원 전기전자공학과
이 경 섭** 동신대학교 공과대학 전기전자공학과

A study on the Dielectric Characteristics of Polyimide Organic Ultra Thin Films

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

Abstract - In this paper, we give pressure stimulation into organic ultra thin films and detected the induced displacement current properties, and then manufacture a device under the accumulation condition. In processing of a device manufacture, we can see the process is good from the change of a surface pressure and transfer ratio of area per molecule of organic ultra thin films. The structure of manufactured device is MIM(Au/polyimide LB films/Au), the number of accumulated 19 layers. I-V characteristic of the device is measured from -5[V] to +5[V]. The maximum value of measured current is increased as the number of accumulated layers are decreased. The insulation of a thin film is better as the interval between electrodes is larger. and the insulation properties of a thin film is better as the distance between electrodes is larger.

1. 서 론

유기재료를 이용한 유기박막은 분자 레벨의 기능성 소자로서 전기전자 및 전력 기기 제작 등에 응용 할 수 있으며 이에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 박막의 형태는 초박막으로서 박막을 구성하고 있는 분자들을 규칙적으로 배열, 배향할 수 있다고 하는 장점이 있다[1~4]. 유기초박막을 제작하기 위하여 유기물질인 유기 단분자를 수면에 전개시키면 분자 단위의 단분자층이 형성되며 이것을 1층 또는 다층으로 기판의 표면에 분자를 샌드위치 형태로 다양하게 누적시켜 디바이스 등에 응용할 수 있다. 본 연구에서는 유기절연재료로 분류된 폴리이미드를 수면에 전개시켜 분자들의 상전이 상태를 평가하고 디바이스를 제작하기 위한 박막의 제막조건(15mN/m)을 검출하였다[5,6]. 또한 검출된 제막조건에 의하여 기판 위에 Y형으로 각각 19, 25, 29층의 유기초박막을 누적하였으며 MIM구조를 갖는 디바이스를 제작하여 전기적인 특성을 검출하였고 누적층수에 따른 정전용량값을 계산하여 측정된 I-V값과 비교평가하였다[7,8].

2. 본 론

2.1. 측정장치

그림 1은 MIM(Metal/Insulator /Metal)구조를 갖는 디바이스이다. 실험에 사용된 기판은 slide glass(13×38×1 mm)이며 하부전극을 Cr을 증착한 후 Au로 형성하고 LB제막장치(NLE Kuhn type)를 사용하여 Y-type으로 각각 19, 25, 29층의 LB막을 제막한 후, 하부전극에 Au를 증착시켰다[7].

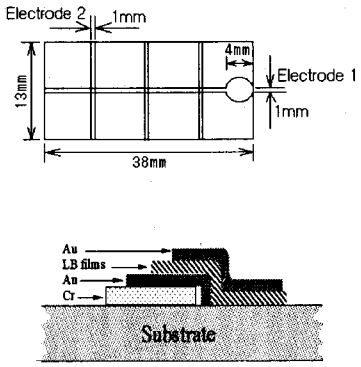

그림 1. Au/폴리이미드 LB막/Au구조
Fig. 1. Structure of Au/LB films of polyimide/Au

그림 2는 I-V특성을 측정하기 위한 측정장치로서 제작된 MIM구조의 디바이스를 알루미늄 실드 박스에 장착하였으며, 전류는 electrometer(Keithley Instruments, Inc. 제작, model 6517)를 사용하여 실온에서 측정하였다. 인가전압은 DC power supply를 사용하여 -5~+5[V] 범위에서 0.5V씩 승압 및 감압하며 2회에 걸쳐 실험하였다[7].

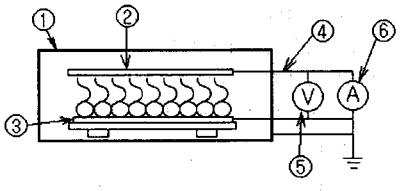

그림 2. I-V특성 측정계
Fig. 2. Measuring system of I-V properties
① shield box ②,③ electrode 1,2
④ gold wire ⑤ DC power supply
⑥ electrometer

2.2 시 료

본 연구에 사용된 시료는 내열성 및 절연성이 우수한 폴리이미드로서 Kapton과 C18DMA(N, N-Dimetylnocadecylamine)를 1 : 2의 체적비로 혼합하여 사용하였다. 벤젠을 용매로 하여 0.333[*mmol / l*]의 농도로 조성하였으며 시료의 분자구조는 그림 3과 같다[7].

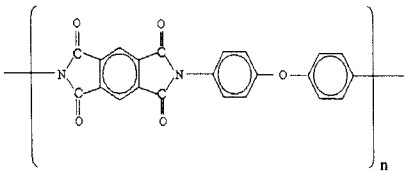

그림 3. 폴리이미드의 분자구조
Fig. 3. Molecule structure of polyimide

2.3. 결과 및 고찰

그림 4는 폴리이미드의 높은 압력에서의 표면압과 쌍극자모멘트, 변위전류의 관계를 나타낸 결과이다. 310[$Å^2$] 부근의 면적에서 분자들의 운동이 시작되어 b의 쌍극자 모멘트 최대값과 변위전류 최대값 부근에서 분자의 운동이 가장 활발하게 진행되었다고 생각되며 d의 70[$Å^2$]부근에서 막의 1차붕괴가 일어남을 알 수 있었고 막의 최대 응축상태는 15[mN/m]임을 알 수 있었다[4,5].

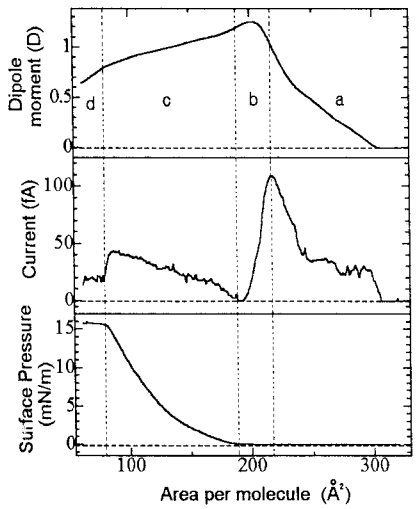

그림 4. 높은 압력에서의 결과
Fig. 4. Result of high pressure

그림 5는 폴리이미드 LB막(19, 25, 29층)을 제작하는 과정에서의 시간에 따른 표면압과 분자의 점유면적($\pi - A$)의 관계를 나타냈다. 유기단분자막들의 최대응축표면압인 15[mN/m]에서 제막을 하였으며 a는 유기단분자막의 최대 응축막이 안정성을 갖도록 일정시간 유지한 상태이며 누적조건인 15[mN/m]의 상태로 정밀하게 조절되어 가는 과정이다. b는 dipper가 원하는 누적층수만큼 up, down stroke 동작을 했던 결과이다. 압력의 미소한 변이는 up과 down의 stroke동작 시 나타나는 기판의 최상단과 하단부분에서 발생되는 변이라 여겨지며 분자들이 기판으로 전이되어 가는 과정에서 수면 위에 남아있는 분자수가 줄어드는 것을 의미하고 있다[6]. 압축된 수면 위의 면적은 일정한 비율로 선형적인 감소형태로 나타내는 것으로 보아 유기단분자막이 준비된 기판으로 잘 전이되었음을 알 수 있었다.

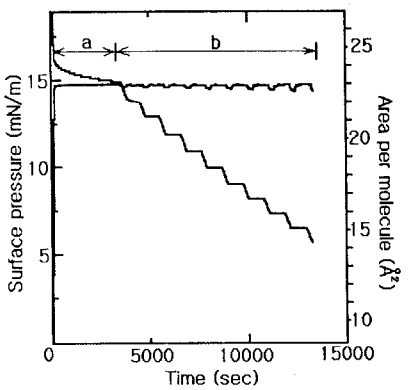

그림 5. 시간에 따른 분자당 점유면적 및 표면압의 곡선 (19층)
Fig. 5. Isotherm of are per molecule and surface pressure for time (19 layers)

그림 6은 제작된 디바이스에 -5[V]~+5[V]의 범위에서 0.5[V]씩 승압시켜 가면서 측정한 I-V특성 결과이다. 전압의 인가시 전하의 축적에 기인한 누설전류를 고려하여 1분 정도의 안정시간을 가진 후 전류를 측정하였다. 결과와 같이 인가전압에 따라서 전류는 비례하여 증가하였음을 알 수 있었다[7,8].

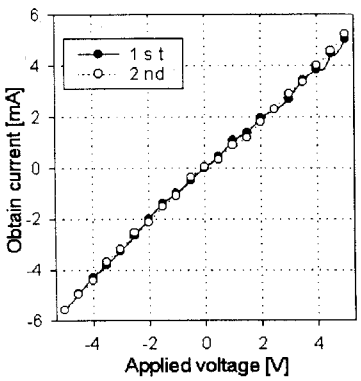

그림 6. I-V 특성(Y-type, 25층)
Fig. 6. I-V characteristics (Y-type, 25layers)

그림 7은 폴리이미드 LB막의 누적층수에 따른 정전용량

의 역수를 나타낸것으로서 누적층수가 증가함에 따라 정전용량의 역수가 증가하고 있는데 이는 LB막의 누적이 잘 되고 있음을 보여 주고 있으며 그림 6에서 측정한 I-V특성의 결과와 잘 일치하고 있다.

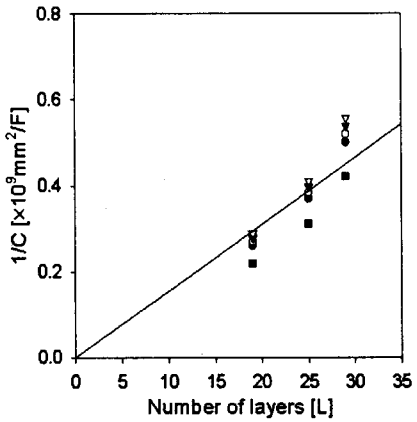

그림 7. 누적층수와 정전용량과의 관계
Fig. 7. Relationship between capacitance and number of layers

3. 결 론

본 연구에서는 폴리이미드 유기초박막을 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 폴리이미드 유기 단분자막의 1차붕괴는 70[Å^2] 부근에서 발생하였으며 유기 단분자막의 최대응축막상태로부터 15[mN/m]의 제막 조건을 얻을 수가 있었다.

(2) 제막조건으로 결정된 15[mN/m]로 기판 위에 MIM구조의 디바이스를 제작하였으며, 제작된 디바이스의 전기특성 실험 결과 인가전압에 따른 최대전류값은 25층에서 약 280[mA]로 나타남을 알 수 있다.

(3) 누적층수에 따른 정전용량의 값과 I-V특성의 결과 값을 비교하였을 때 잘 일치함을 알수 있었으며 이는 폴리이미드 LB막의 누적상태가 양호함을 알 수 있었다.

[참고문헌]

[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] S. Kato, M. Akiyama, Y. Amemiya and I. Hatta, "Temperature Dependence of the Ripple Structure in Dimyristoylphosphatidylcholine studied by Snchrotron X-ray Small-Angle Diffraction", Biochimica et. Biophysical Acta, vol. 1028, pp.103~109, 1990.

[4] T. Kubota and M. Iwamoto, "Measurement of displacement current across single monolayers with thermal stimulation", Rev. Sci. Instrumn, vol. 64, pp.2627~2631, 1993.

[5] 岩本光正, "水面上のL-α-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.

[6] Takahiro Seki and Kunihiro Ichimura, "Formation and Langmuir-Blodgett Deposition of Monolayers of Poly(vinyl alcohol)s Bearing Azobenzene Side-Chains of Varied Spacer Length", Thin solid Films, 179, pp.77~83, 1989.

[7] Mitsumasa Iwamoto and Yuichiro Kanai, "Maxwell displacement current across monolayer polyimide Langmuir-Blodgett films with azobenzen by photoirradiation", J. Appl. Phys. 74(2), pp.1131~1137, 1993.

[8] Irving Langmuir, "The Constitution and Fundamental Properties of Solids and Liquids. II. Liquids.1", J. Am. chem. Soc. 39, pp. 1848~1906, 1917.