

유기박막의 전기적 특성에 관한 연구

<sup>1</sup>최 용성, <sup>2</sup>송 진원, <sup>1</sup>문 종대, <sup>1</sup>이 경섭  
<sup>1</sup>동신대학교 전기공학과, <sup>2</sup>기계연구원

A Study on Electrical Properties of Organic Thin Film

<sup>1</sup>Yong-Sung Choi, <sup>2</sup>Jin-Won Song, <sup>1</sup>Jong-Dae Moon, and <sup>1</sup>Kyung-Sup Lee  
<sup>1</sup>Department of Electrical Engineering, DongShin University, <sup>2</sup>KIMM

**Abstract** - We give pressure stimulation into organic thin films and then manufacture a device under the accumulation condition that the state surface pressure is 2, 10, 30[mN/m](gas state, liquid state, and solid state). The physicochemical properties of the LB films on the surface of pure water are studied by AFM.[3] Also, we then examined of the Metal-Insulator-Metal(MIM) device by means of I-V.

면위에 시료를 전개한 후 약 10분 정도의 안정시간을 유지한 후 barrier speed 20[mm/min], dipper speed up - 5[mm/min], down - 8[mm/min]의 속도로 압축하여 제작하였으며 상부전극으로는 Au를  $2.3 \times 10^{-5}$ [torr]에서 진공 증착 하였다. MIM구조에서 단위면적당 캐패시턴스의 역수는 단분자층의 수에 비례하고 LB법으로 제작된 박막은 유전체로서 사용할 경우에 두께가 작기 때문에 큰 정전용량을 가질 수 있으나 생체막의 경우 제작조건이 잘 설정되어야 다층제막이 가능하게 된다.

1. 서 론

유기나노박막은 기존의 무기물을 재료로 하는 소자에 비해서 여러 가지 장점을 가지고 있으며 도전성, 광도전성, 절연성, 그 밖에도 많은 기능성에 대한 연구가 이루어지고 있다.<sup>1-3)</sup> 이미 여러 가지 단백질이나 효소, 인지질, 지방산 등은 합성이 가능하며, 이중 인지질은 기본 구조가 지방산과 비슷한 소수기 알킬체인과 친수기인 카르복실기로 결합된 형태로 인지질과 지방산의 차이점은 친수기에 인산이 연결되어 있다는 점이다. 생체막의 전기적 특성에 대하여 발표된 연구는 지방산을 절연체로 이용한 캐패시터에 대한 결과가 있는데 소수기 알킬체인의 수가 많을수록 내열성과 강도가 커지며 좋은 전기적 특성을 가질 수 있음을 알 수 있다.<sup>4-10)</sup>

대표적인 절연재료는 Polyimide를 들 수 있는데, 1983년 Batey는 MIM (Metal-Insulator-Metal)구조에서 단위면적당 캐패시턴스의 역수는 단분자층의 수에 비례함을 보여주었으며 이 결과를 이용하여 자연산화막 등의 미지의 수를 계산하여 추측할 수 있는 계기가 되었다.<sup>11)</sup> 또한 유기나노박막을 유전체로 사용할 경우에 두께가 작기 때문에 큰 정전용량을 가질 수 있으며, 이러한 유기나노박막은 높은 유전성을 나타내어 압전효과와 가능성을 보여주고 있다.<sup>12)</sup>

유기재료의 기능성을 소자로 응용하기 위해서는 유기재료의 박막화가 중요한 과제이다. 유기분자에 대한 박막화를 위해서는 여러 가지 방법이 있으나 분자의 배향·배열 제어와 박막의 두께 조절이 쉽고, 성막에 필요한 에너지가 작은 LB(Langmuir-Blodgett)법이 많은 연구자들에 의해 유기초박막 기술로 이용되고 있다.<sup>5-8)</sup>

LB막의 응용 분야는 절연재료와 센서재료 및 분자 Level의 전기·전자 소자 제작이라는 점에서 국내외 연구자들에 의하여 활발한 연구가 진행되어지고 있다. 유기디바이스 구현을 위한 유기재료의 합성과 LB막의 물성연구, 유기재료를 이용한 분자전자소자의 관점에서 변위전류법을 이용한 수면위에서 L막의 동적인 거동과 외부 자극에 의한 분자막의 전하이동 등 기초물성연구와 함께 광·변위전류변환형 기폭소자의 제작 등 기능성 소자의 실용화에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.<sup>7-12)</sup>

본 연구에서는 유기나노박막의 도전성, 유전성, 절연성 등의 전기 특성에 대하여 살펴보기 위하여 유기반도체, 전력용 소자 등의 응용 가능성에 대하여 연구하였다.

지방산계 유기재료인 Arachidic Acid와 Stearic Acid를 이용하여 유기박막을 제작하고 AFM을 통한 누적 특성 및 표면 구조의 관찰, 그리고 알킬체인에 의한 전기적 특성을 연구하였다.

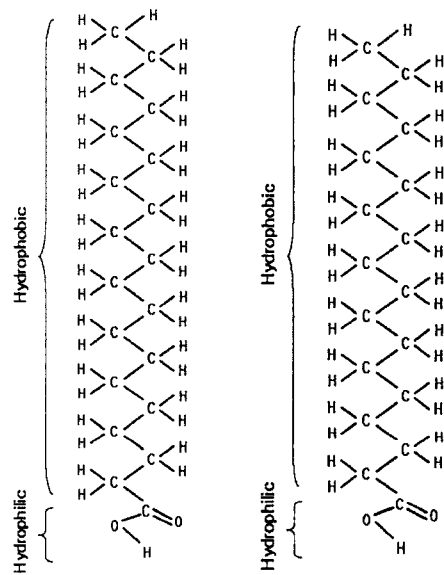
2. 시료 및 실험 방법

2.1 시료

Arachidic Acid와 Stearic Acid는 극히 얇은 절연막으로서 응용이 기대되는 재료로서 소수기 알킬체인의 수가 많을수록 절연성과 강도가 커지며 좋은 전기적 특성을 갖고 있는 것으로 확인되고 있다. 본 연구에서는 유기절연물질로 알려진 장쇄지방산계 Arachidic acid과 Stearic acid를 각각 클로르포름을 용매로 하여 0.2 [m mol/l]의 농도로 조성하여 순수(pH6)에 전개하였다. 시료의 분자구조는 그림 1 (a)와 (b)에 각각 나타내었다.

2.2 MIM 구조

그림 2 (a)는 본 연구에서 제작한 MIM(Metal-Insulation-Metal)구조의 디바이스이다. 사용된 기판은 slide glass(13×38×1mm)이며, Cr과 Au를 하부전극으로  $2.1 \times 10^{-5}$  [torr]에서 증착한 후 친수처리를 하였고 수



(a) Arachidic acid (b) Stearic acid

그림 1. 분자 구조.  
 Fig. 1. Molecule structure.

그림 2 (b)는 제작된 MIM구조 디바이스의 I-V측정을 위한 측정 시스템이다. MIM구조의 디바이스를 알루미늄 실드박스에 장착하였으며 Electrometer (Keithley Instruments, Ins., model 6517)를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 검토

3.1 유기절연막의 표면구조

그림 3 및 4는 AFM을 이용한 유기단분자막의 상전이에 따른 표면구조 이미지도이다. 수면위에 분산된 분자들의 상태는 분자 간 상호반발력의 분포 및 양과 분자 운동에 의해 일반적으로 기상, 액상, 고상, 붕괴의 4단계의 형태로 구분할 수 있다. 특히 LB법을 이용할 경우 단분자막이 계면에서 형성되는 구조는 박막을 제작하는 경우에 아주 중요한 조건이 된다. AFM은 팁이 시료의 표면에 접근하면 시료표면과 팁 끝의 원자 사이에 인력과 척력이 발생하여 cantilever가 휘어지고, 여기에 레이저 광선을 비추어 반사되는 각도를 계산하여 시료 표면의 굴곡을 측정하는 장치이다. 제작된 LB막의 거칠기를 관찰하기 위하여 Nano Scope III(Digital Instruments)를 사용하여 표면형상을 측정하였다. 시료는  $5 \times 5 [\mu m^2]$ 의 범위에서 tapping 모드에서 측정하였다.

기상상태에서 유기단분자막은 고체기판위에 막은 형성되었으나 유기단분자들이 균일하게 분포되어 있지 못하고 액상상태에서 누적하였을 때는 기상상태에서 누적한 경우보다 유기단분자들의 밀도가 약간 증가함을 볼 수 있었으나 도메인의 구분은 할 수 없었다. 고상상태에서 누적한 경우 도메인의 구분은 불명확하나 분자들의 밀도

가 아주 증가함을 알 수 있었으며, 이는 LB막을 제작하는 경우에는 고상상태에서 누적하는 것이 더욱 균일하고 안정된 막을 형성하는 것을 확인할 수 있었고, 표면압이 단분자막의 구조형성에 영향을 줄 수 있다.

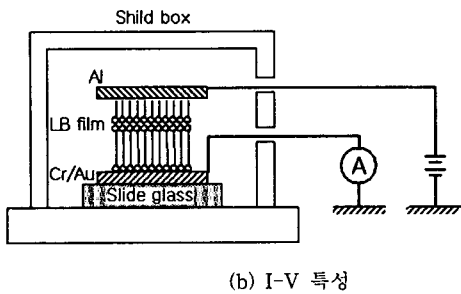
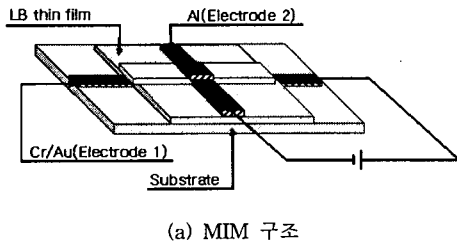


그림 2. 측정계.  
Fig. 2. Measuring system.

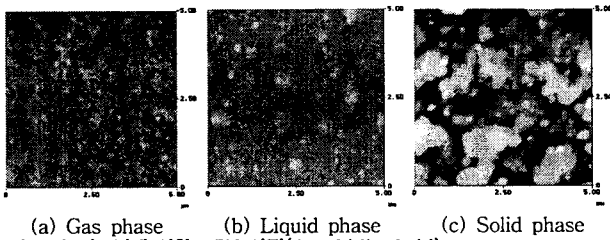


그림 3. 누적조건에 의한 AFM 사진(Arachidic Acid).  
Fig. 3. AFM micrograph by deposition condition(Arachidic Acid).

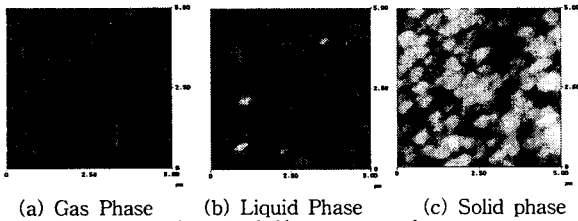


그림 4. 누적조건에 의한 AFM 사진(Stearic Acid).  
Fig. 4. AFM micrograph by deposition condition(Stearic Acid).

그림 5 및 6은 다층막의 형태로 누적한 AFM 이미지이다. 이를 통하여 누적막의 구조적인 상태를 확인하는 것이 가능하였다. 그림에서 LB막은 공존형태의 도메인형성이 불명확하고 불규칙한 배열을 구성하며, 경계면의 구별이 뚜렷하지 않고 누적층수가 증가할수록 roughness가 많이 증가함을 알 수 있다.<sup>13)</sup>

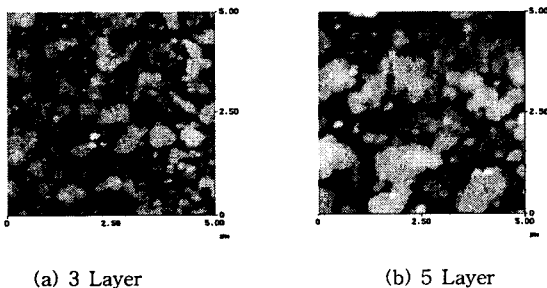


그림 5. 누적층수에 의한 AFM 사진(Arachidic Acid).  
Fig. 5. AFM micrograph by deposition layer(Arachidic Acid).

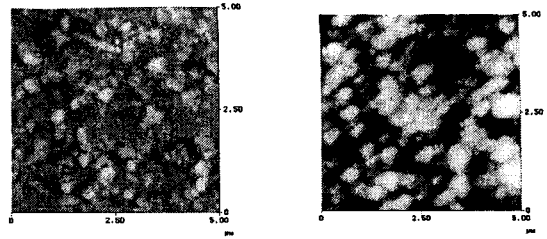


그림 6. 누적층수에 의한 AFM 사진(Stearic Acid).  
Fig. 6. AFM micrograph by deposition layer(Stearic Acid).

### 3.2 전기적 특성

그림 7은 유기절연막을 Y-type으로 각각 9층을 제작한 MIM 디바이스 즉, Al/Arachidic Acid/Au와 Al/Stearic Acid/Au 디바이스에  $\pm 1[V]$  범위에서  $0.1[V]$ 씩 전압을 승압 및 감압하여 검출된 I-V 특성이다. 제작된 디바이스에 전압 인가시 전하의 축적에 기인한 누설전류를 고려하여 1분 정도의 안정시간을 가진 후 전류를 측정하였다.

인가전압에 따른 발생전류는 비례함을 알 수 있었으며 Arachidic acid가 Stearic acid보다 동일한 인가전압에서 발생하는 전류의 크기가 최대 약  $2.0e-8[A]$  적게 나타났는데 이는 알킬체인( $CH_2$ )이 두 개 더 긴 Arachidic acid가 특성이 우수하며, LB막의 절연특성은 알킬체인의 길이에 비례함을 확인할 수 있었다<sup>14)</sup>.

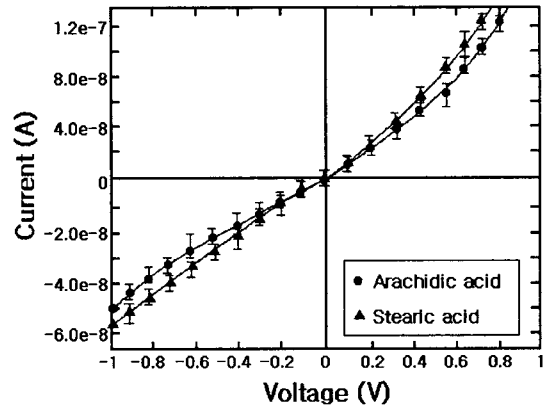


그림 7. 알킬체인에 따른 I-V특성.  
Fig. 7. I-V properties for alkyl chain.

## 4. 결 론

본 연구에서는 유기나노박막의 기초물성으로 지방산계 분자 Arachidic Acid와 Stearic Acid, 유기나노박막을 이용한 전기·전자 소자를 제작하기 위한 제작조건을 검출하였으며 제작된 MIM소자의 전기특성을 측정하였다. 본 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

- 유기단분자중 절연성 재료로 알려진 Arachidic Acid와 Stearic Acid를 이용하여 누적 특성을 관측한 결과 수면위에서 분자당 점유면적의 감소형태가 선형적 감소하고, SEM 측정결과 Arachidic Acid의 단분자 길이와 누적층수에 의한 LB박막의 두께를 비교하였을 때 LB막의 누적이 양호하게 되었음을 알 수 있었다. 유기 나노박막의 Arachidic Acid와 Stearic Acid의 상전이에 따른 표면구조와 다층막 형태의 표면구조를 관측하기 위하여 AFM을 이용하여 이미지를 분석한 결과 표면압이 단분자막의 구조형성에 큰 영향을 미치며, LB막은 공존형태의 도메인 형성이 불명확하고 불규칙한 배열을 구성하며, 경계면의 구별이 뚜렷하지 않고 누적 층수가 증가할수록 거칠기가 많이 증가함을 알 수 있었다.
- 알킬체인에 의한 전기특성을 비교 분석하기 위하여 Arachidic Acid와 Stearic Acid를 각각 MIM소자로 제작하여 전기특성을 측정된 결과 알킬체인이 더 긴 Arachidic Acid가 절연특성이 우수함을 알 수 있었으며, LB막의 절연특성은 알킬체인의 길이에 비례하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Hans Kuhn, "Present status and future prospect of LB film research", 89 Fourth international conference on LB films, pp.2~3, 1989.
- [2] L.S.Miller, D.J.Walton, P.J.W.Stone, A.M.McRoberts, R.S. Sethi, "Langmuir Blodgett films for nonlinear optical applications", Journal of materials science materials in electronic, pp. 75~82, 1994.
- [3] S.Carrara, A.Gussoni, V.Erokhin, C.Nicolini, "On the degradation of conducting Langmuir Blodgett film", Journal of materials science materials in electronic vol. 6, pp. 79~83. 1995.
- [4] J.Zhen, C.Lin, J.s.Men, T.L.Wei, Y.Wei, "Surface state density distribution in band gap of metal/LB Films/Semiconductor structure", 89 Fourth international conference on LB films, pp.388~389, 1989.
- [5] M.Iwamoto, A.Fukuda. "Charge storage phenomena and I-V characteristics observed in ultrathin polyimide Langmuir Blodgett films", Jpn. J. Appl. Phys. vol. 31, pp. 1092~1096. 1992.
- [6] Masuo Aizawa, Koji Owacu, Mieco Matsuzawa, Hiroaki Shinohara, Yoshihito Ikariyama, "Molecular film technology for bio sensor", 89 Fourth international conference on LB films, pp.176~177, 1989.
- [7] M.K.Ram, R.Gowri, B.D.Malhotra, "Electric properties of metal/Langmuir-Blodgett(Polymeraldine base)layer/metal device", Journal of applied polymer science, vol 63. pp. 141~145, 1997.
- [8] M.Iwamoto, T.Sasaki, "Thermally stimulated discharge of Au/LB/Air-Gap/Au structures incorporaying Cadmium Arachidate Langmuir Blodgett films", Jpn. J. Appl. Phys. vol. 29, pp. 536~539, 1990.
- [9] M. Iwamoto, S.Shidoh, T.Kubota, M. Sekine, "Electric properties of Langmuir Blodgett films sandwiched between Pb-Bi superconducting electrodes", Jpn.J.Appl.Phys., vol. 27. pp. 1825~1830, 1988
- [10] Tohru Kubota, Mitsumasa Iwamoto, Hideyuki Noshiro, Matsuo Sekine, "Josephson junctions using polyimide Langmuir Blodgett films with a Nb/Au/PI/(Pb-Bi) structure", Jpn.J.Appl.Phys., vol. 30. pp. 393~395, 1991
- [11] Michael C. Petty, "Langmuir Blodgett films an introduction, London, Cambridge University Press, 1966, pp. 42~64
- [12] G.G.Roberts, T.M.Mcginnity, P.S.Vincett, W.A.Barlow, "AC and DC conduction in lightly substituted anthracen Langmuir films", Thin solid films, vol. 68, pp. 223~232, 1980
- [13] J. W. Song, K. S. Lee, et al., "A Study on the Deposition and Surface Structure Analysis of LB Thin Film", Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 377, pp 213-216, 2002.