

유기초박막의 유전특성에 관한 연구

°김 동 관*, 송 진 원*, 이 경 섭**

* 동신대학교 대학원 전기전자공학과 **동신대학교 공과대학 전기전자공학과

A Study on the Dielectric Property Organic Ultra Thin Film

°Dong-Kwan Kim*, Jin-won Song*, Kyung-Sup Lee**

* Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ. grad.

** Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ.

Abstract - The structure of manufactured device is Cr-Au/Arachidic acid/Al, the number of accumulated layers are 13, 17 and 19. The I-V characteristic of the device is measured from -2[V] to +2[V] and the characteristic of current-time of the devices. We have investigated the capacitance because this fatty acid system have a accumulated layers. The maximum value of measured current is increased as the number of accumulated layers are decreased. The capacitor properties of a thin film is better as the distance between electrodes is smaller. The results have shown the insulating materials and could control the conductivity by accumulated layers.

하다고 알려진 Arachidic acid의 구조이다. Arachidic acid는 $CH_3(CH_2)_{18}$ 의 소수기와 $COOH$ 의 친수기를 갖는 양친매성 물질로서, chloroform을 용매로 하여 0.5mmol/l로 조성하였고, pH 6.0인 20℃의 초순수(18.2MΩcm)에 전개하였다.

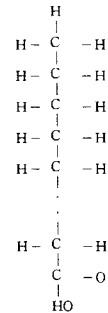


그림 1. 분자구조
Fig. 1. Molecule structures

1. 서 론

21세기의 초소형 전기·전자소자에 대한 기술은 최소의 크기가 서브마이크로미터인 전자소자로부터 원자나 분자단위의 소자(device)를 만들 수 있는 수준까지 발전하여 그 실현도 가능할 것이며, 나노미터수준의 초고집적화 기술에 의한 전기·전자분야의 파급효과는 대단히 클 것으로 생각된다.⁽¹⁾⁻⁽³⁾ 전기전자 디바이스에 사용되어지는 초박막들을 유기박막으로 대체하고자 하는 연구가 활발히 진행되어지고 있는데,⁽⁴⁾⁻⁽⁵⁾ 유기재료를 이용한 유기박막은 분자 레벨의 기능성 소자로서 전기전자 및 전력기기 제작등에 응용할 수 있으며, 박막을 구성하고 있는 분자들을 규칙적으로 배열, 배향할 수 있다는 장점이 있기 때문에 여러 기능성 소자로서의 응용에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 특히 상온·상압 하에서 저에너지로 박막의 제작이 가능하여 신소재로서 각광을 받고 있다. 유기박막의 분자배향과 배열제어가 가능한 기술중 Langmuir-Boldgett(LB)법은 수면위 위기단분자막을 단층 또는 다층으로 고체기판의 표면에 다양한 형태로 누적시켜 박막을 형성시킨다.⁽⁴⁾⁻⁽⁸⁾

LB막 제작 재료로서 지방산계, 지질 및 고분자물질등이 수없이 많지만 그 중에서 장쇄지방산계는 메틸기에 따라 사슬의 길이를 조절할 수 있다는 관점에서 LB막 재료의 기초 물성을 조사하는데 널리 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 장쇄지방산의 일종인 Arachidic acid를 시료로 하여 LB법으로 Au/Arachidic acid/Al 구조의 디바이스를 제작하여, I-V와 정전용량을 측정하여 유전특성을 확인하였다.

2. 본 론

2. 1 실험

그림 1은 본 연구에 사용된 내열성 및 절연성이 우수

π -A 는 barrier speed 20mm/min으로 압축하여 측정을 하였다. (Nippon Laser & Electronic Lab)

그림 2는 Au/Arachidic acid/Al의 MIM구조이다. 사용된 기판은 slide glass(13×38×1mm)를 사용하였고, 하부전극으로는 Cr과 Au를 5.7×10^{-5} torr에서 증착하였고, 단분자막의 제작은 수면위에 시료를 전개한 후 약 10분정도의 안정시간을 유지한후 barrier speed 20mm/min, dipper speed up - 2mm/min, down - 5mm/min의 속도로 압축하여 제작하였으며 Y type으로 Si 기판에 13~19층 누적하였다. 상부전극으로는 Al을 증착하였다.

I-V특성의 측정은 제작된 Au/Arachidic acid/Al구조의 디바이스를 알루미늄 실드 박스에 장착하였으며, 전류는 electrometer (Keithley Instruments, Inc. 제작, model 6517)를 사용하여 실온에서 측정하였다. 인가전압은 electrometer source를 사용하여 -2[V]~+2[V] 범위에서 0.05[V]씩 승압 및 감압하였다. 또한, 정전용량의 측정을 위하여 임피던스 해석기(HP 4192A LF Impedance Analyzer)를 사용하여 주파수를 각각 1, 2, 3, 10, 20, 30KHz 및 1, 2MHz대에서 측정하였다.

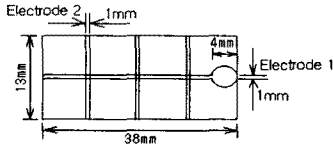


그림 2. Au/PI/Au구조
Fig. 2. Structure of Au/PI/Au

2. 2 실험 결과 및 고찰

그림 3은 UV-VIS-NIR spectrophotometer로 측정 한 Arachidic acid의 흡수율이다. 200~600nm에서 측정을 하였으며 누적층수가 증가함에 따라 흡수율이 일정하게 증가하는 것으로 보아 누적이 양호하게 되었음을 알 수 있었다.

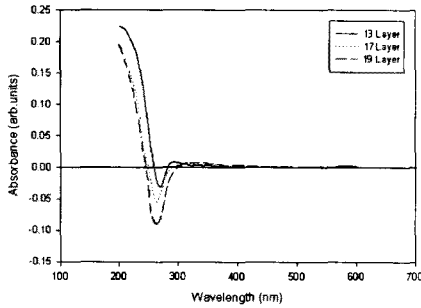


그림 3. LB막의 흡수율
Fig. 3. Absorption rate of LB films

그림 4는 Y-type으로 각각 13층, 17층, 19층을 누적인 Au/Arachidic acid/Al 디바이스에 전압을 인가하여 검출된 I-V특성이다. 제작된 디바이스에 -1[V]~+1[V]범위에서 0.1[V]씩 승압시켜 가면서 측정하였으며 전압의 인가시 전하의 축적에 기인한 누설전류 및 절연저항 등을 고려하여 1분정도의 시간이 지난 후 전류를 측정하였다. 결과와 같이 인가전압에 따라서 전류는 비례하여 증가하였으며 누적층수가 많을수록, 전극과의 거리가 클수록 최대전류의 크기가 적게 나타남을 알 수 있었다. 이것은 누적층수가 많을수록 절연저항이 크게되며 누적층수에 따라 전극사이의 거리가 증가되었기 때문이라 생각한다.

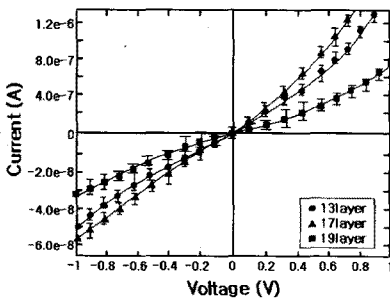


그림 4. I-V 특성
Fig. 4. I-V characteristics

그림 8은 누적된 유기박막의 누적층수에 따른 정전용

량의 관계를 나타낸 결과이다. 누적된 박막의 전기적 성질은 LB박막과 전극사이가 직렬로 연결된 평행평판 콘덴서와 같게 되며, LB박막의 누적층수 N과 정전용량은 반비례관계가 되어 다음 식을 만족하게 된다.⁽⁹⁾

$$C = C_{ox} + C_1 \cdot \frac{1}{N} \quad (1)$$

$$= \frac{\epsilon_0 S_0}{N} \left(\frac{\epsilon_{ox}}{d_{ox}} + \frac{\epsilon_1}{d_1} \right)$$

여기서, ϵ_0 는 진공중의 유전율(8.854×10^{-14} [F/cm]), ϵ_{ox} 는 자연산화막의 비유전율, S_0 는 전극면적($0.1[\text{cm}^2]$), d_{ox} 는 산화막의 두께($30[\text{\AA}]$), d_1 은 LB막의 1층 두께($27[\text{\AA}]$), N은 LB막의 누적층수이다. 유전체는 서로 급격한 신축과 외력을 받으면서 분극이 일정하면 분극량과 주파수 사이에는 서로 밀접한 관계를 갖게 된다. 측정된 정전용량 C의 값은 약 1.26~55(pF)의 범위까지 넓게 나타내고 있으며 누적층수가 많을수록 정전용량의 값이 작아지는 경향을 나타내고 있다.

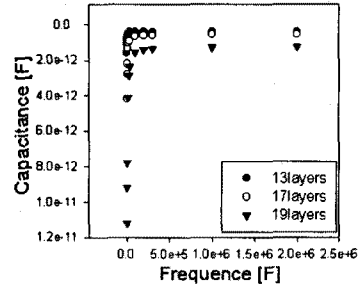


그림 5. Au/Arachidic acid/Al구조의 누적층수에 따른 정전용량 값
Fig. 5. Capacitance value of Au/Arachidic acid/Al structure for deposition layers

그림 6은 주파수가 100[kHz]일 때 유기단분자막의 누적층수에 따른 정전용량이다. 누적층수가 증가함에 따라 정전용량은 감소함을 볼 수 있었는데 이는 지방산계 LB막의 두께가 두꺼워짐에 따라 전기전도도가 감소하기 때문으로 생각되며, 이는 이론식과 잘 일치함을 알 수 있었다.

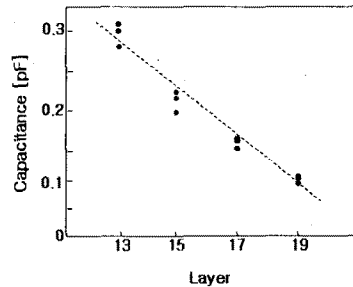


그림 6. 정전용량특성
Fig. 6. Capacitance properties

3. 결 론

본 연구에서는 Arachidic acid를 이용하여 Y-type으로 13~19층의 Au/Arachidic acid/Al 디바이스를 제작하여 I-V, C-F 특성을 검출하였다.

- 1) 수면위 단분자막에 압력자극을 인가하여 다층으로 누적하였고 UV 흡수율로 보아 제막상태가 양호함을 알 수 있었다.
- 2) 제작된 디바이스에 인가전압에 따른 전류를 측정할 결과 누적층수가 많을수록 전류의 크기가 적게 나타남을 알 수 있었고, 두께가 증가하여 전극간의 거리가 멀어질수록 더 높은 전계에서도 파괴되지 않는 절연특성을 나타내고 있다.
- 3) 캐퍼시터의 정전용량은 누적층수가 적을수록 크게 나타났는데 이는 이론식과 잘 일치함을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] O. Albrecht, H. Gruler and E. Sackmann, "Polymorphism of Phospholipid Monolayers." vol. 39, pp. 301-313, 1978.
- [2] G. Roberts, "Langmuir-Blodgett Films", Plenum, New York, 1990.
- [3] Mitsumasa Iwamoto and Tohru Sasaki. "Thermally Stimulated Discharge of Au/LB/Air-Gap/Au Structures Incorporating Cadmium Arachidate Langmuir-Blodgett Films"
- [4] M.Iwamoto, A.Fukuda, "Charge storage phenomena and I-V characteristics observed in ultrathin poly Langmuir Blodgett films", Jpn. J. Appl. Phys. Vol 31, pp 1092-1096, 1992
- [5] M.Iwamoto, T.Sasaki, "Thermally stimulated discharge of Au/LB/Air-Gap/Au structures incorporating Cadmium Arachidate Langmuir Blodgett films", Jpn. J. Appl. Phys. Vol 29, No 3, pp.536-539, March(1990)
- [6] Chen-Xu Wu, Yoshinobu MIZUTANI and Misumasa IWAMOTO, "Analysis of Thermally Dielectric Relaxation Phenomena in Organic Monolayer Films by Debye Brownian Motion Equation", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36 pp. 222-225, 1997.
- [7] Yutaka MAJIMA, Yoko SATO and Mitsumasa IWAMOTO, "Dielectric Relaxation Phenomena of a Liquid Crystal Monolayer at the Air-Water Interface", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36 PP.5237-5241, 1997.
- [8] Chen-Xu Wu and Misumasa IWAMOTO, "Calculation of the dielectric constant of monolayer films with dielectric anisotropy", Physical Society, pp. 10922-10930, 1996.
- [9] Eiji Itoh and Mitsumasa Iwamoto, "Interfacial electrostatic phenomena and capacitance-voltage characteristics of ultra-thin polyimide Langmuir-Blodgett films" T.IEE Japan, Vol. 118-A, No. 12, 1998