

유기절연박막의 알킬체인 길이에 따른 전기적 특성

정종철¹, 최용성¹, 황종선², 이경섭¹

¹동신대학교, ²전남도립대학

Structural Characteristics of Fatty Acid Thin films

Jong-Chul Jung¹, Yong-Sung Choi¹, Jong-Sun Hwang², Kyung-Sup Lee¹

¹Dongshin University, ²Jeonnam Provincial College

Abstract - The physicochemical properties of the fatty acid monomolecular Arachidic Acid, Stearic Acid films surface structure has been studied by AFM. We give pressure stimulation into organic thin films and then manufacture a device under the accumulation condition that the state surface pressure is gas state, liquid state, solid state. Formation that prevent when gas phase state and liquid phase state measure but could know organic matter that molecules form equal and stable film when molecules were not distributed evenly, and accumulated in solid state only.

1. 서 론

유기나노박막에 관한 연구는 박막을 형성하고 유기박막이 가지고 있는 물성을 명확하게 해명하는 연구가 이루어지고 있고 또한 단순히 얇은 막의 제작뿐만 아니라 유기나노박막이 갖는 분자구조의 다양성을 이용한 분자 스위치 소자 개발, 초박막 가스센서, 고유전율 박막소자, 유기디스플레이, MEMS·NEMS의 응용 등 초박막이 갖는 기능에도 많은 관심이 집중되고 있다.^{[1][3]}

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.⁴⁾ 또한 유기나노박막을 유전체로 사용할 경우에 두께가 작기 때문에 큰 정전용량을 가질 수 있으며, 이러한 유기나노박막은 높은 유전성을 나타내어 압전효과의 가능성을 보여주고 있다.^[5]

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.^[2]

따라서 본 논문에서는 유기나노박막의 도전성, 유전성, 절연성 등의 전기적 특성에 대하여 살펴보고, 유기반도체, 전력용 소자 등의 응용 가능성에 대하여 연구하였다. 이를 구체적으로 제시하면, 유기단분자막을 이용하여 외부자계에 따른 변위전류법과 유전완화현상으로 물성평가와 누적 층수에 따른 MIM(Metal-Insulation-Metal) 구조의 디바이스를 제작하고 여기에 전압을 인가시켜 전류를 측정하여 전기특성을 연구하였고, 지방산계 유기재료인 Arachidic Acid와 Stearic Acid를 이용하여 유기박막을 제작하고 AFM을 통한 누적 특성 및 표면구조의 관찰, 그리고 알킬체인에 의한 전기적 특성을 연구하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 LB 장치

그림 1은 변위전류 측정시스템 중 LB trough부분으로 기수계면에 단분자막을 형성하여 표면압 및 변위전류와 쌍극자 모멘트를 측정하고 LB막을 제작하기 위한 장치이다. 유효면적 936 cm^2 넓이의 스테인레스 trough이며 PTFE(polytetrafluoro-ethylene) coating처리되어 있다.

barrier의 압축속도는 10~80mm/min으로 제어가 가능하며 DC서보모터를 사용하여 압축과 확장을 할 수 있도록 되어있다. 표면압의 측정은 수면과 접촉부분에 표면압지(5 \times 30mm)를 이용한 Wilhelmy형의 표면압계를 이용하였다. 이외에 through에 채워진 물의 온도를 검출하기 위한 온도센서가 있으며 온도조절기로 수온을 조절하였다.

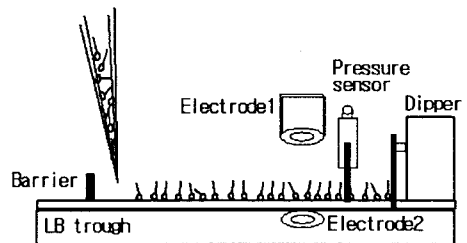


그림 1. 측정 장치
Fig. 1. Measuring apparatus

2.3 전극 구조

투명 상부전극은 산화인듐(In_2O_3 :ITO)이 증착된 glass를 사용하였다. 측정되어지는 전류는 미소전류이기 때문에 외란 방지를 위하여 알루미늄을 사용하여 shield하였으며 trough에 탈착이 용이하도록 하였다. 하부전극은 금선을 원형으로 균일하게 감아 수중에 설치하였다. Trough의 규격 및 전극의 규격은 표 1, 2와 같다.

표 1. Trough의 규격
Table 1. Standard of trough

Matter of trough	PTFE(polytetrafluoroethylene)
Effective area of trough	936 cm^2
Moving speed of barrier	Maximum speed 80mm/min
Surface pressure system	Wilhelmy type Surface pressure system

표 2. 전극의 규격

Table 2. Standard of electrode

	Type	Matter
Electrode 1	Circle type (45.6cm ²)	In ₂ O ₃ or SnO ₂
Electrode 2	Line type	Au

3. 결과 및 고찰

그림 2는 유기절연막을 Y-type으로 각각 9층을 제작한 MIM 디바이스 즉, *All/Arachidic Acid/Au*와 *All/Stearic Acid/Au* 디바이스에 ±1[V] 범위에서 0.1[V]씩 전압을 승압 및 감압하여 검출된 I-V특성이다. 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 2.0×10^{-8} [A] 적게 나타났는데 이는 알킬체인(CH₂)이 두 개 더 긴 Arachidic acid가 특성이 우수하며, LB막의 절연특성은 알킬체인의 길이에 비례함을 확인할 수 있었다.^[7]

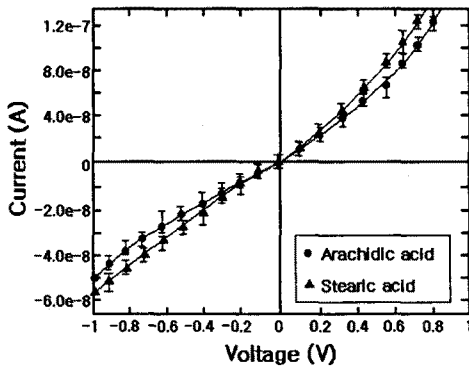


그림 2. 알킬체인에 따른 I-V특성
Fig. 2. I-V properties for alkyl chain

LB 유기초박막은 제작된 박막의 두께가 수[Å]~수백[Å]으로 MIM 디바이스로 제작하여 전기특성을 측정하였을 때 발생되어지는 신호가 미약하다. 이러한 특성을 개선하기 위한 방법으로 외부회로를 삽입하는 방법과 Array type으로 소자를 연결하여 신호를 증대시키는 방법이 연구되어 지고 있다. 그림 3은 LB 유기초박막을 각종 소자에 응용하기 위하여 3층으로 제작한 Arachidic acid MIM 디바이스를 Array type으로 ±1[V] 범위에서 0.1[V]씩 전압을 승압 및 감압하여 검출된 I-V특성이다.

인가전압에 따른 발생전류는 단일 MIM 소자와 유사하게 전압에 비례하여 증가함을 볼 수 있었으며 발생되어지는 전류의 크기는 1[V]를 인가시 1.35×10^{-2} [A]로써 단일 MIM 디바이스보다 약 4배 정도 더 크게 나타남을 확인할 수 있었으며, 이는 유기박막의 단층 두께가 약 27.5[Å]으로써 이를 다층으로 누적하고 Array type으로 연결하였을 때 유기박막의 면적을 나노[n] 단위까지 증대시킬 수 있으며 면적에 비례하여 절연특성이 개선되어짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 LB 유기초박막이 각종 전기전자 소자로써의 기능을 충분히 발휘할 수 있는 것을 알 수 있다.

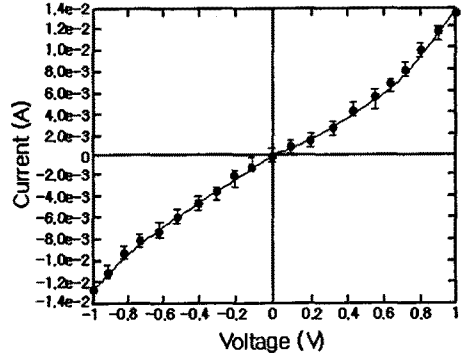


그림 3. I-V특성(Array type)
Fig. 3. I-V properties(Array type)

MIM구조에서 절연막인 LB막의 두께가 아주 얇은 경우에는 DC전류가 양자역학적 터널링이나 박막의 결합을 통하여 전극 사이에 흐를 수 있다. 이러한 디바이스의 절연층은 전하수송을 조절하고 반도체 내부의 Schottky 장벽의 높이에서 band bending에 영향을 줄 때 사용될 수 있다. 실리콘을 포함하여 대부분의 반도체들은 특정 한 두께로 자연 산화막을 형성하여 이에 대한 절연성이 관측된다. 그러나 모든 반도체가 양질의 자연 산화막을 갖지는 않는다. 이러한 경우 LB막은 얇은 절연막을 인공적으로 만들어 특성을 개선하는데 사용될 수 있다.

그림 4는 다층으로 누적된 유기박막의 누적층수에 따른 정전용량을 측정한 결과이다. LB막과 전극사이가 직렬로 연결된 평행평판 콘덴서과 같으므로 LB막의 누적층수 N과 정전용량과의 관계는 반비례하며 식 (4-1)과 같은 관계가 있다. 측정된 정전용량 C의 값은 약 1.26 ~ 55[pF]의 범위까지 넓게 나타나고 있으며 누적층수가 많을수록 정전용량의 값이 작아지는 경향을 나타내고 있는데 이는 식 (1)의 결과를 만족하는 결과로, 유기단분자막의 누적 층수가 증가함에 따라 정전용량은 감소함을 볼 수 있다.

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

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

- ϵ_0 : 진공중의 유전율
- ϵ_{ox} : 자연산화막의 비유전율
- ϵ_l : 자연산화막의 비유전율
- S_0 : 전극면적
- d_{ox} : 산화막의 두께
- d_l : 1층 LB막의 두께
- N : LB막의 누적 층수

from a Carbosilane Dendron, KIEE International Transactions on Electrophysical and Applications, Vol. 12C, No. 1, pp. 38-41 (2002).

[7] K. S. Lee, J. W. Song et al., "A Study on the Dielectric Relaxation Time of Arachidic Acid Monolayers by MDC Measurement", Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 349, pp 191-194 (2000).

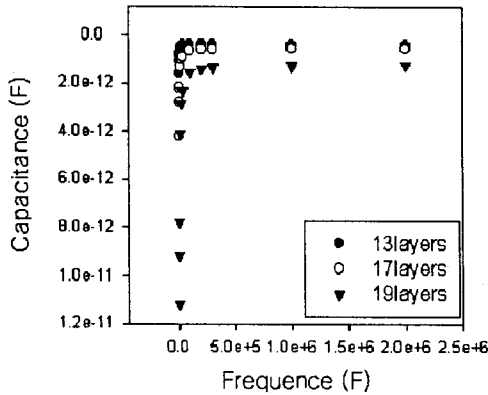


그림 4. 누적층수에 따른 정전용량
Fig. 4. Capacitance value for deposition layer

4. 결 론

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

알킬체인에 의한 전기특성을 비교 분석하기 위하여 Arachidic Acid와 Stearic Acid를 각각 MIM소자로 제작하여 전기특성을 측정한 결과 알킬체인이 더 긴 Arachidic Acid가 절연특성이 우수함을 알 수 있었으며, LB막의 절연특성은 알킬체인의 길이에 비례하였다. 또한, 유기 나노박막의 상용화 가능성을 알아보기 위하여 Array type으로 MIM소자를 제작하고 전기특성을 측정한 결과, 인가전압에 따른 발생전류는 단일 MIM 소자와 유사하게 전압에 비례하여 증가함을 볼 수 있었으며 발생되어지는 전류의 크기는 1[V]를 인가시 1.35×10^{-2} [A]로써 단일 MIM 디바이스보다 약 4배 정도 더 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Subhadip Raychaudhuri, Yonathan Shapir, Vladimir Chernyak and Shaul Mukamel, "Excitonic Funneling in Extended Dendrimers with Nonlinear and Random Potentials", Physical Review Letters, Vol.85, No.2 (2000).
- [2] Roberto La Ferla, "Conformations and dynamics of dendrimers and cascade macromolecules", J. Chem. Phys., 106 (2) (1997).
- [3] K. Kato et. al., Evaluation of Structures and Functions in Organic Ultrathin Films on Metal Thin Films Utilizing Surface Plasmon Excitations, KIEE International Transactions on Electrophysical and Applications, Vol. 12C, No. 2, pp. 128-135 (2002).
- [4] M. C. Petty, "Langmuir Blodgett films an introduction, London, Cambridge University Press, pp. 42~64 (1966).
- [5] 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).
- [6] E. Park, Eun-Mi Son, Bum-Jong Lee and Chungkyun Kim, A Silyl Ether Network Langmuir - Blodgett Film