

Stearic Acid LB막의 수평방향에 대한 전기적 특성 연구

A Study on Electrical Characteristics for Horizontal Direction of Stearic Acid LB Films

김 도균, 최 용성, 장 정수*, 권 영수

동아대학교 전기공학과, *경북산업대학교 전기공학과

Do-Kyun Kim, Yong-Sung Choi, Jeong-Soo Chang*, Young-Soo Kwon

Dept. of Electrical Eng., Dong-A University

*Dept. of Electrical Eng., Kyung Pook San up University

Abstract

The electrical characteristics of stearic acid LB films for the horizontal direction were investigated to develop the gas sensor using LB films. π -A isotherm was measured to transfer stearic acid on slide glass substrate and surface pressure for optimal deposition was 25[dyne/cm]. The deposition status of stearic acid LB films was verified by the measurement of capacitance which was increased with the number of layers. The thickness of electrode was estimated about 1000Å by the I-V characteristics for the horizontal direction. The Conductivity of stearic acid LB films for horizontal direction was 10^{-8} [S/cm] that mean like semiconductor.

1. 서 론

최근 전기·전자 재료분야에서 유기재료의 초박막화 기술이 주목되고 있다. 유기재료는 구성하는 유기분자에 여러 기능을 부여할 수 있고, 무기재료 이상의 기능 또는 무기재료에서는 나타나지 않던 새로운 기능의 발현이 가능하기 때문에 오늘날 관심의 대상이 되고 있다.[1]

초박막화 형성 기술로서는 여러 가지가 있으나 그 중에서 Langmuir-Blodgett(LB)법이 널리 이용되고 있다. LB법은 수면상의 단분자막을 고체 기판상에 옮겨 붙게 하는 방법으로

서 분자자체에 기능을 부여할 수 있고, 분자의 배열·배향을 자유로이 제어할 수 있는 특징을 가지고 있다.[2]

본 연구에서는 유기재료 중 포화지방산계(Fatty acid system)인 Stearic acid를 이용하여 LB법으로 초박막을 제작한 후, 가스센서로서의 응용가능성을 조사하기 위한 기초 연구로서 수평방향에 대한 전기적 특성을 측정하였다.

2. 시료 및 실험방법

본 실험에서는 LB막의 누적이 용이한 것으로 알려져 있는 Stearic acid를 시료로 하여 LB초박막을 제작하였다. Stearic acid의 분자식은 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ 이고, 분자량은 284.48이며, 용점 70.5°C , 비점 283°C 이다. 용매로서는 클로로포름을 사용하여 농도를 1[mmol/l]로 만들었다. 그림 1에 Stearic acid의 분자구조를 나타내었다.

그림 2는 Stearic acid의 π -A 곡선을 나타내고 있다. π -A 곡선은 분자의 배열·배향 상태를 알 수 있을 뿐만 아니라 LB막의 적정 누적 표면압을 결정하는데 유용하다. 그림 2에서, LB막의 누적이 가능한 표면압은 약 25[dyne/cm]라는 것을 알 수 있으며, 극한 단면적은 약 23[Å²/mole] 정도로 Gaines 등이 구한 21[Å²/mole]의 값과 비교하여 비슷한 크기였다.[3]

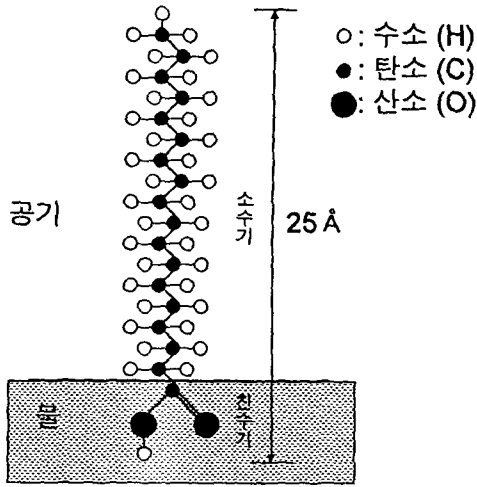


Fig. 1. Molecular structure of stearic acid

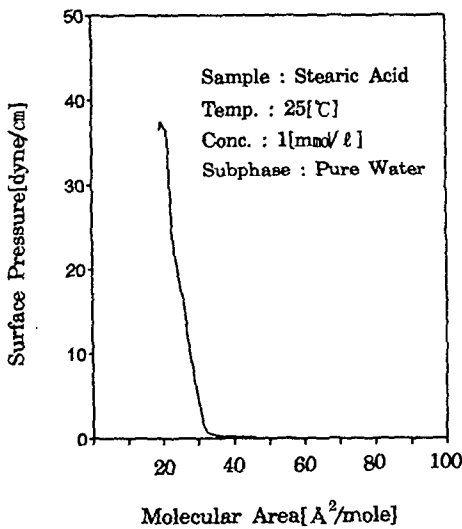


Fig. 2. π -A curve of stearic acid

LB막의 누적을 위한 기판으로는 아세톤과 증류수로 초음파 세척을 한 현미경용 slide-glass를 친수성 처리하여 사용하였다. 수평방향에 대한 전기적 특성의 측정을 위해 그림 3과 같이 Al을 사용하여 6×10^{-5} Torr의 진공도에서 증착하여 전극을 구성하였다. LB막은 NLE사의 Moving Wall Type 장치를 이용하여 표 1과 같은 조건으로 LB막을 누적하

였다. 전압-전류 특성은 Keithley 6517을 사용하여 측정하였다.

Table. 1. Deposition condition of LB films.

Subphase	Pure Water
Temperature	23 ~ 27[°C]
Surface Pressure	25[dyne/cm]
Spreading Quantity	300[μ l]
Deposition Speed	5[mm/min]
Deposition Method	Vertical Dipping Method
Deposition Type	Y Type
Substrate	Slide-Glass

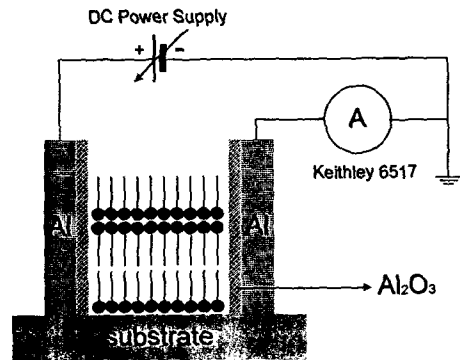


Fig. 3. Electrode structure for deposition of LB films and I-V measurement circuit

3. 실험결과 및 검토

기판에 LB막이 양호하게 누적되었는지를 확인하기 위한 방법으로 정전용량을 측정하였다. 그림 4는 제작된 시료에 대한 정전용량을 주파수 1[KHz]에서 각 층수별로 측정하여 LB막의 누적 층수 N과 시료의 정전용량 C_r 과의 관계를 나타내었다.

여기서 시판의 정전용량 C_r , Al_2O_3 의 정전용량 C_{ox} , LB막의 정전용량 C_{LB} 와 유리 기판의 정전용량 C_{gl} 에 대한 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_r = \left(\frac{1}{\frac{2}{C_{ox} \cdot N} + \frac{1}{C_{LB} \cdot N}} \right) + C_{gl} \quad (1)$$

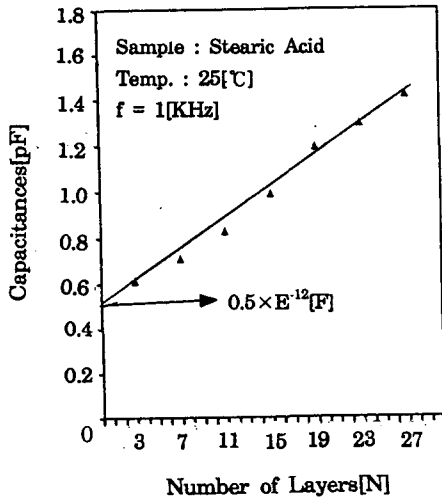


Fig. 4. Capacitance of LB films vs. number of layers

식(1)의 결과에서 정전용량 C_r 은 LB막의 누적 층수 N 에 비례함을 알 수 있다. 따라서, 막의 누적 층수가 증가함에 따라 정전용량의 값이 비례적으로 증가하는 것으로 보아 막이 양호하게 누적되어 있음을 알 수 있다. 또한 그림 4의 Y축 절편($\approx 0.5 \times 10^{-12}$ [F])은 LB막을 누적하지 않았을 때 시편의 정전용량 C_r 을 나타내게 되는데, 이것은 유리 기판위에 Al전극을 증착한 후 LB막을 누적하지 않은 상태에서 정전용량을 측정된 결과인 $C_{gl} \approx 0.55 \times 10^{-12}$ [F]의 값과 비슷하였다. 즉, $N = 0$ 일 때 $C_r \approx C_{gl}$ 이다.

한편, 유리 기판의 정전용량 C_{gl} 값으로 측정 전극간의 거리를 구할 수 있다. 즉,

$$C_r = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{gl} \cdot S_{gl}}{d_{ele}} = 0.55 \times 10^{-12} \text{ [F]} \quad (2)$$

여기서

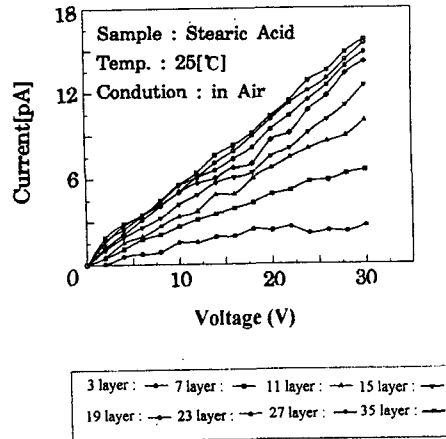
ϵ_0 : 진공 중 유전율(8.854×10^{-12} [F/m])

ϵ_{gl} : 유리기판의 비유전율(4 ~ 7)[4]

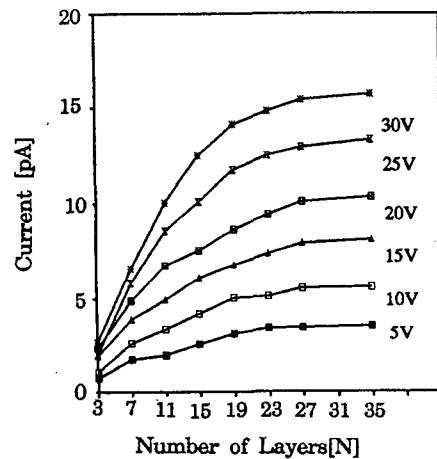
S_{gl} : 유리 기판의 면적(2.6×10^{-5} [m²])

d_{ele} : 측정전극 간의 거리

식(2)에 의해 계산된 측정 전극간의 거리는 약 2.09×10^{-3} [m]로 실제 측정 전극간의 거리 1.80×10^{-3} [m]와 비슷하였다.



(a)



(b)

Fig. 5 Electrical properties of LB films
(a) Characteristics of I-V
(b) Current vs. number of layers

그림 5(a)는 전압-전류 특성으로서 그림 3의 측정 회로를 이용하여 1[V]씩 전압을 인가하여 전류값이 안정할 때의 값을 plot한 것이다. 본 실험에서는 전압 인가 후 1분 정도에서 전류가 안정하였다. 그림 5(a)는 인가전압이 증가할수록 전류값이 비례적으로 증가하는 것을 관찰할 수 있다. 그림 5(b)는 동일한 전압 인가에 대해 누적 층수가 증가할수록 전류값이 비례적으로 증가하지만 27층 정도에서 포화하고 있다. 이것은 LB막의 누적 층수가 증가할수록 누적된 LB막의 전

극면적이 증가하기 때문에 전류가 증가하는 것을 나타내며, 만약 LB막이 전극 두께 이상으로 누적된다면 전류의 흐름에 영향을 미치는 전극사이에 누적된 LB막의 전극면적은 더이상의 변화가 없기때문에 전류값이 포화되는 것으로 생각된다. 따라서, 그림 5(b)에서 알 수 있듯이 35층 이상에서 전류값이 포화되므로 LB막 1층당 두께를 25Å으로 계산하면 전극 두께가 약 1000Å 정도라는 것을 알 수 있다.

그림 5(a)에서 전압-전류 특성 기울기로 부터 저항 R_N 을 구하면 막의 수평방향에 대한 도전율 σ 을 다음과 같이 구할 수 있다.[5]

$$\sigma = \frac{d_{ele}}{R_N \cdot S_0 \cdot N} \quad (3)$$

여기서 d_{ele} 은 측정 전극간의 거리이며, R_N 은 N층의 저항값이다. 그리고 S_0 은 누적된 LB막의 전극면적으로 1층당 면적은 약 $4 \times 10^{-7} [cm^2]$ 이다. 그림 6은 식(3)에 의해서 LB막의 도전율을 누적 층수에 따라 계산하여 나타낸 것이다.

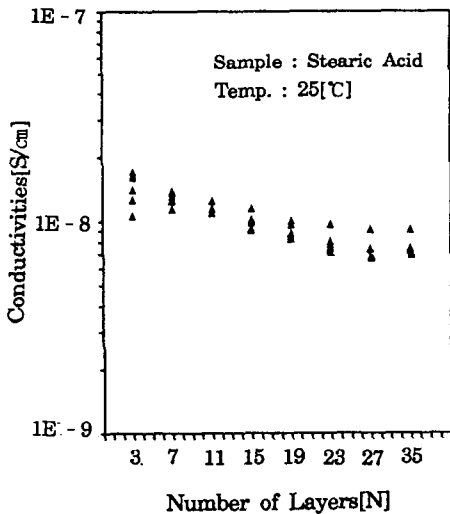


Fig. 6. Conductivities of LB films

LB막의 수평방향에 대한 도전율은 $10^{-8} [S/cm]$ 의 영역에서 비교적 안정하게 분포되어 있으며, 이 값은 반도체성 물질에 상당한 크기이다.[6] Stearic acid LB막의 수직 방향에 대한 도전율은 10^{-14} order로서

절연성을 나타내었으나 수평방향에 대해서는 10^{-8} order의 반도체성을 나타냄으로서 수직방향과는 약 10^6 order정도의 이방성 전기전도 특성을 나타내었다. 이것은 수평방향의 경우 Carrier가 친수기 부분이나 LB막의 pin hole 등을 통해 이동하는 것으로 생각할 수 있다. 이에 대한 원인은 현재 조사중이다.

4. 결론

stearic acid를 성막 물질로 LB막을 제작한 후 수평방향에 대한 전기적 특성을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) π -A 측정에 의한 적정 누적 표면압은 25[dyne/cm] 정도였으며, 극한 단면적은 약 23[Å²/mole]이었다.
- 2) 정전용량 측정에 의해 LB막이 양호하게 누적되었음을 확인할 수 있었고, 또한 정전용량을 이용하여 전극간의 거리를 계산하면 약 $2.09 \times 10^{-3} [m]$ 로서 실제 측정 전극간의 거리 $1.80 \times 10^{-3} [m]$ 와 비슷하였다.
- 3) 수평 방향에 대한 전압-전류 특성에 의해 전극의 두께가 약 1000Å 정도인 것이 밝혀졌다.
- 4) LB막의 수평방향에 대한 도전율은 $10^{-8} [S/cm]$ 의 영역에서 안정하게 분포되어 있었으며, 이것은 LB막이 반도체성을 나타내고 있다.

본 연구는 동아대 교비 연구비의 지원에 의해 수행되었음

참고문헌

- 1) 권영수, 강도열, "신기능소자 개발의 행방 (I), (II), (III)", 대한전기학회지, 1988
- 2) G. G. Roberts, "Langmuir-Blodgett Films", Plenum Press, 1990
- 3) G. L. Gaines, Jr., "Insoluble Monolayers at Liquid-Gas Interfaces", Intersciences publishers, p.337, 1966
- 4) 박한규, 윤상원, "Hayt 전자기학", 회종당, p.444, 1991
- 5) 권영수, et al, "LB초박막의 누적기술과 이방성 전기전도", 전기학회논문지, 40권 1호, pp.82~90, 1991
- 6) 省部博之, "導電性高分子材料", CMC, p.2, 1983