

나노스케일 소자제작을 위한 유기초박막의 전기적특성에 관한 연구

송진원, 한창수*, 이경섭**
한국기계연구원*, 동신대학교**

A Study on the Electrical Properties of Organic Ultra Thin Films for Nanoscale Device Manufacture

Jin-Won Song, Chang-Su Han* and Kyung-Sup Lee**
KIMM*, DongShin Univ.**

Abstract : Monolayers of lipids on a water surface have attracted much interest as models of biological membranes, but also as precursors of multilayer systems promising many technical applications. Until now, many methodologies have been developed in order to gain a better understanding of the relationship between the structure and function of the monolayers. Maxwell displacement current (MDC) measurement has been employed to study the dielectric property of Langmuir-films. MDC flowing across monolayers is analyzed using a rod-like molecular model. It is revealed that the dielectric relaxation time τ of monolayers in the isotropic polar orientational phase is determined using a liner relationship between the monolayer compression speed α and the molecular area A_m . Compression speed α was about 30, 40, 50mm/min. also, LB layers of Arachidic acid deposited by LB method were deposited onto slide glass as Y-type film. The structure of manufactured device is Au/Arachidic acid/Al, the number of accumulated layers are 9 ~ 21 and we then examined of the Metal-Insulator-Metal(MIM) device by means of I-V.

Key Words : Maxwell displacement current, dielectric relaxation time, LB, Metal-Insulator-Metal(MIM) device

1. 서 론

수면 위 유기 단분자막에 압력 등의 외부 자극을 가하면 실제 단분자는 곧바로 평형상태에 도달하지 않고 어느 정도의 시간이 경과 후에 평형상태에 도달하게 된다. 이렇게 시간에 의해 변화하는 비평형 상태에서부터, 평형상태로 이동하는 현상을 유전완화현상이라 한다.

유전완화현상을 연구하기 위한 완화시간 τ 와 점성계수 η 등의 파라메터는, 물질의 기본적인 물성값이고 고유의 값을 가지므로, 이들 값을 결정하는 것이 유전완화현상을 해석하기 위한 중요 요소가 된다. 수면 위 단분자막은 압축하는 동안 막의 형상과 특성이 바뀌며, 다양한 상변이 현상이 나타난다. 유기단분자의 Maxwell displacement current(MDC)측정에서 폐회로 전류는 단분자를 압축하는 동안에 관찰되어 지며, Langmuir막의 유전 완화시간 τ 를 결정하기 위한 방법으로 변위전류법이 이용되고 있다.¹⁻⁵⁾

본 연구에서는 변위전류법에 의해 압축 속도에 따른 변위전류를 측정하였고, 유기 단분자의 유전 완화 현상을 연구하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

그림 1은 본 연구에 사용된 Arachidic acid의 구조로서 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}$ 의 소수기와 COOH 의 친수기를 갖는 양친매성 물질로서, chloroform을 용매로 하여 0.5mmol/l로 조성하였고, pH 6.0인 20°C의 순수한 물(18.2M Ω cm)에 전개하였다.

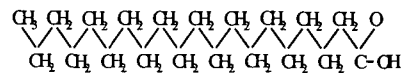


그림 1. Arachidic acid의 분자구조

그림 2는 본 연구에 사용된 측정장치이다. LB trough는 barrier속도와 온도의 제어가 가능한 PTFE (polytetrafluoro ethylene) coating 처리된 스테인레스 트러프이고, 전극 1은 Shield된 ITO glass로서 수면과의 거리는 LCZ meter를 이용하여 약 1mm간격을 유지하였으며 through에 탈착이 용이하도록 하였다. 전극에서 검출된 변위전류는 전류계(Keithley 6517 electrometer)를 통하여 측정하였다. 변위전류 측정은 수면 위에 시료를 전개한후 약 10분정도 유기 단분자막의 안정시간을 유지한후 barrier의 속도를 30, 40, 50mm/min로 압축하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 수면위 유기단분자막을 압축하였을 때 변위전류를 나타낸 것이다.

분자의 점유면적을 $56 \text{ \AA}^2 \sim 19 \text{ \AA}^2$ 부근까지 압축하였다. 시료를 전개시켜 압축을 시작하여 1영역까지는 변위전류가 발생하지 않았는데 이는 분자들의 분포도가 주변분자의 영향을 받지 않을 정도로 충분한 거리를 유지하여 분극작용을 일으키지 않는 기상상태로 여겨지며, 변위전류와

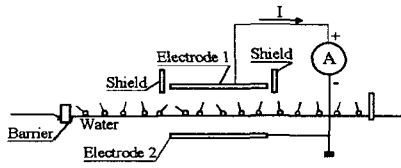


그림 2. 변위전류 측정장치

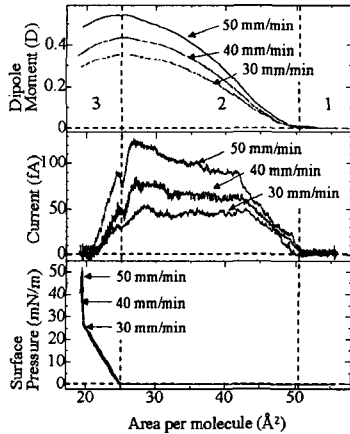


그림 3. 베리어 압축시 π -A, I-A, D-A

류와 쌍극자 모멘트가 변화하기 시작한 2영역인 약 51 \AA^2 부터는 유전분극이 일어나기 시작하는 기상/액상상태가 공존하는 영역으로 쌍극자 모멘트와 함께 변위전류의 변화를 볼 수 있었고 변위전류의 최대값과 쌍극자 모멘트의 최대값 및 변이형태가 잘 일치함을 알 수 있었으며, 변위전류의 최대값은 압축 속도가 빠를수록 더 크게 나타남을 알 수 있었다. 표면압의 변화가 시작된 약 25 \AA^2 부터는 액상상태로 변위전류와 쌍극자 모멘트는 일정하게 유지됨을 알 수 있었다.

α 와 A_m 은 선형적인 관계를 나타내며 압축 속도가 빠르면 A_m 이 작아지는 것을 알 수 있다. 여기에서 점성계수 ξ 를 구하면 $0.749 \times 10^{-19} \text{ Js}$ 이다.

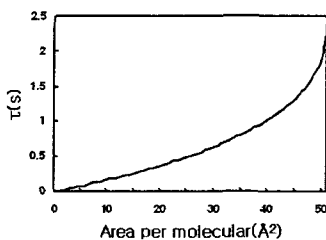


그림 4. 유전완화시간

구한 ξ 로부터 단분자의 유전완화 시간을 계산한 결과를 그림 4에 나타냈다. 유전완화 시간은 분자 영역에 의존하여 점유면적이 좁아짐에 따라 짧아지는 것을 알 수 있었다.

그림 5는 Cr-Au/Arachidic acid/AI 디바이스를 제작한 후

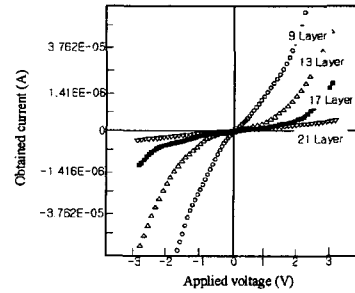


그림 5. I-V특성

전압을 인가하여 검출된 I-V특성이다. 그림에서 누적층수가 적을수록 지수함수적으로 전류가 증가하였으나 두께가 커지면 곡선은 직선적인 ohmic 특성을 나타내었다. 이는 LB막의 누적층수가 증가할수록 저항이 증가한다는 것을 나타내며 두께가 증가하여 전극간의 거리가 멀어질수록 더 높은 전계에서도 파괴되지 않는 절연특성을 나타내고 있다.

4. 결론

수면위 Arachidic acid 단분자막의 압력자극에 의한 변위전류와 표면압등을 측정하였는데 압축속도가 빠를수록 변위전류의 최대값은 크게 나타났으며, 단분자의 유전완화 시간을 결정하기 위해 압축 속도 α 와 분자 면적 A_m 사이에서 선형관계가 주어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 선형관계로부터 점성계수 $\xi = 0.749 \times 10^{-19} \text{ Js}$ 를 구할 수 있었다. 구해진 마찰 상수에 의해 유기 단분자의 유전 완화시간을 결정할 수 있었으며 유기 단분자의 유전완화 시간은 약간의 시간이 소요되었고, 분자 영역에 의존함을 알 수 있었다. 또한 MIM소자를 제작한 결과 누적층수가 증가할수록 절연특성이 향상됨을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 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)
- [2] V. K. Srivastava, In physics of Thin Films, Built-up Molecular Films and Rher Application, 314-315, 1984
- [3] Abraham Ulman, An Introduction to ultrathin organic films, 339-402, Academic Press, New York, 1991
- [4] Keiji Ohara and Masaaki Nakajima, "Displacement current generated during compression of fatty acid and phospholipid monolayers at the water-air interface", Thin Solid Films, 226, pp. 164-172, 1993
- [5] Y.Majima and M.Iwamoto, "A New Displacement Current Measuring System Coupled with the Langmuir-Film Technique", Review of scientific instruments, AIP, vol.62, No.9, pp. 2228 ~ 2283, 1991