

DMPC LB막막의 유전완화현상

최영일, 송진원, 조수영, 이경섭

조선이공대학 광전자정보학부, 동신대학교 대학원 전기전자공학과, 동신대학교 전기광전자공학과

Dielectric Relaxation Phenomena of DMPC LB Thin Film

Young-il Choi, Jin-Won Song, Su-Young Cho, and Kyung-Sup Lee

Chosun College of Science & Technology, Dongshin Univ.

Abstract

Abstract - Maxwell displacement current (MDC) measurement has been employed to study the dielectric property of Langmuir-films. A method for determining the dielectric relaxation time τ of floating monolayers on water surface is presented. 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.

Key Words : LB thin film, dielectric relaxation time, displacement current

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 상태로부터, 평형상태로 이동하는 현상을 유전완화현상이라 한다.

유전완화현상에서 완화시간 τ 와 점성계수 ξ 등의 파라미터는, 물질의 기본적인 물성값이고 고유 값을 가지므로, 이들 값을 결정하는 것이 유전완화현상을 해석하기 위한 중요 요소중의 하나이다. 수면 위 단분자막은 압축하는 동안 막의 형상과 특성이 바뀌며, 다양한 상변이 현상이 나타난다. 유기단분자의 Maxwell displacement current (MDC) 측정에서 폐회로 전류는 단분자를 압축하는 동안에 관찰되어지며, Langmuir막의 유전 완화시간 τ 를 결정하기 위한 방법으로 변위전류법이 이용되고 있다.¹⁻⁵⁾

본 연구에서는 변위전류법에 의해 압축 속도에 따른 변위전류를 측정하였고, 유기 단분자의 유전완화 현상을 연구하였는데, 압축 속도에 따른 분자

의 최대 점유면적은 선형관계를 얻을 수 있었으며, 점유면적이 좁아짐에 따라 완화시간이 짧아짐을 알 수 있었다.

2. 실험

2.1 이론

그림 1은 수면위의 유기 단분자의 모델을 나타내었다.

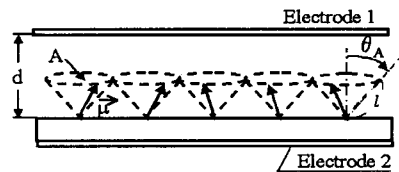


그림 1. 수면위의 분자모델.

Fig. 1. Molecular model on water surface.

단분자의 단층은 길이 l 을 가진 극분자로 구성되며, 각 분자는 분자의 긴 축을 따르는 방향에서 전기적 쌍극자 모멘트 μ 를 가지며, 그것은 수면으

로부터 경사각 θ 를 갖게 되며, 분자는 $0 < \theta < \theta_A$ 범위내에서 운동을 하게 된다.

여기서 $\theta_A = \sin^{-1} \sqrt{A/A_0}$ ($A_0 = \pi l^2$) (A : 분자의 면적)이다.

분자의 운동은 Debye-Brownian 운동 방정식을 만족한다고 가정하면, 식 (1)과 같다.

$$\frac{d}{dt} (S(t) - S_{eq}) = -\frac{S(t) - S_{eq}}{\tau} + \frac{1 - \langle \cos^2 \theta \rangle}{\xi} RU(t) \quad (1)$$

여기서, $S(t)$ 는 시간 $t=t$ 일 때, 경사각 θ 에서 물의 표면 위에 존재하는 분자들의 열역학의 평균을 나타내고 있으며, $\cos(\theta)$ 에 의하여 주어진 방위성 순서 파라메타 이다. ξ 는 단분자의 마찰상수이고, R 은 $t=0$ 일 때 단분자에 적용되는 상호작용이다.

식 (2)와 같은 τ 는 유전완화 시간이다.

$$\tau = \frac{\xi}{kT} \frac{\langle (\cos \theta - \langle \cos \theta \rangle)^2 \rangle}{1 - \langle \cos^2 \theta \rangle} \quad (2)$$

단분자의 유전완화 시간 τ 는 분자 면적의 함수로서 결정되어질 수 있다.

2.2 실험장치

그림 2는 본 연구에서 사용한 지질단분자의 분자 구조이다. Lipid는 일반적으로 neutral lipid, phospholipid, sphingolipid 등 3 종류로 구분할 수 있으며, phospholipid는 소수성을 가지고 있어서 수용액상에서 이들 분자들 간의 뭉침 효과를 향상시키는 긴사슬 지방산 부분을 가지고 있으며, 친수성을 띠고 있는 극성 머리 부분인 phosphate ester 부분을 가지고 있다. 본 실험에 사용된 분자는 DMPC (Dimyristoyl Phosphatidyl-choline)로서 분자구조는 카르복실기를 가지고있는 긴 알킬chain이 2개인 지방질의 소수기와 인산기, 아민기를 갖는 친수성의 양친매성 물질로 구성되어 있다. 분자는 클로르포름을 용매로 하여 0.2 mmol/l 의 농도로 조성하여 온도 20°C , pH 6.0의 순수한 물에 전개시켰다.

그림 3은 본 연구에 사용된 측정장치이다. LB trough는 barrier속도와 온도의 제어가 가능한 PTFE(polytetrafluoroethylene) coating 처리된 스

테인레스 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 수면위에 시료를 전개한 후 약 10분정도 유기단분자막의 안정시간을 유지한 후 barrier의 속도를 30, 40, 50mm/min로 압축하여 측정하였다.

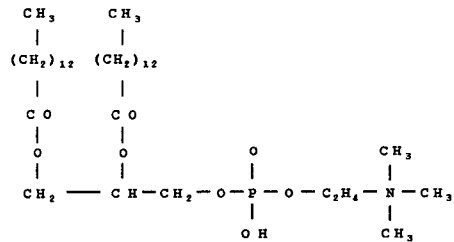


그림 2. DMPC의 분자구조.

Fig. 2. Molecule structures of DMPC.

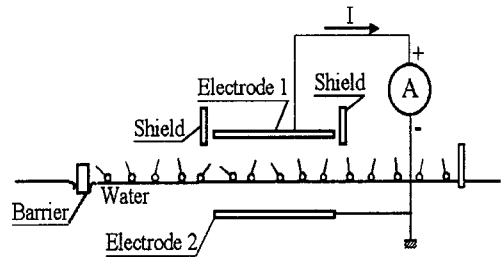
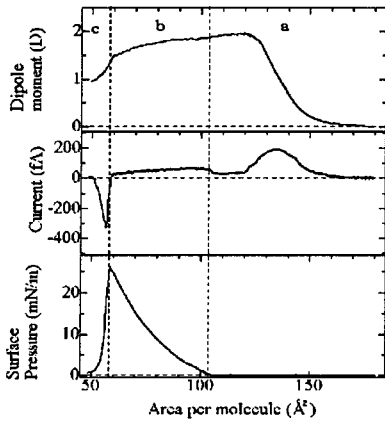


그림 3. 변위전류 측정장치.

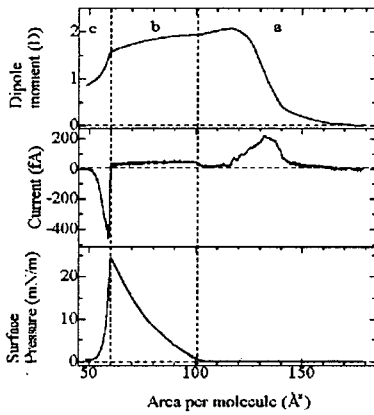
Fig. 3. Apparatus of displacement current measurement.

3. 결과 및 고찰

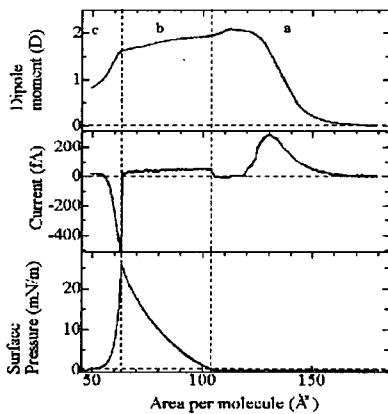
그림 4는 베리어 속도 α 에 따른 변위전류 곡선이다. 수면위 단분자를 압축하였을 때 변위전류의 최대값은 a영역에서 발생하였다. 이는 표면압의 변화가 시작되기 전으로서 기상상태에서 쌍극자 모멘트의 변이가 일어난 기/액상 상태로 변화가 일어난 것으로 생각되며, 변위전류의 최대값은 압축 속도에 비례하여 압축 속도가 빠를수록 크게 나타났다. 최대값 이후 변위전류가 일정한 값을 갖는 액상상태인 b영역이 존재하다가, 분자막의 붕괴와



(a) Barrier speed 30mm/min



(b) Barrier speed 40mm/min



(c) Barrier speed 50mm/min

그림 4. 베리어 압축시 π -A, I-A, D-A.

Fig. 4. π -A, I-A, D-A of barrier compress.

함께 변위전류는 급격히 떨어졌다가 차츰 0이 되었는데(영역 c) 여기에서 평형상태에 도달했다고 생각할 수 있다. 또한 각각의 속도에 따라 평형상태에 도달했다고 생각되는 지점의 점유 면적은 압축속도가 늦어짐에 따라 작게 나타났다.

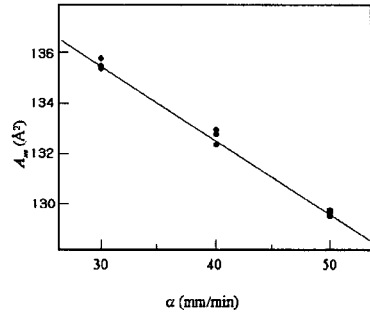


그림 5. α 와 A_m 의 관계.

Fig. 5. Relationship between α and A_m .

그림 4에서 변위전류가 최대값을 보이는 분자당 점유면적을 베리어 속도에 의해 나타내면 그림 5와 같다. α 와 A_m 은 선형적인 관계를 나타내며 압축속도가 빠르면 A_m 이 작아지는 것을 알 수 있다. 여기에서 점성계수 ξ 를 구하면 0.722×10^{-19} Js이다.

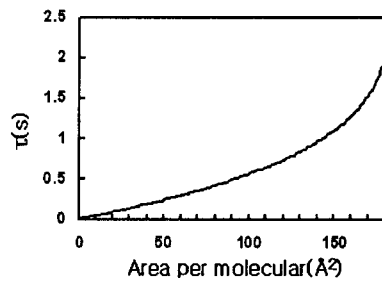


그림 6. 유전완화시간.

Fig. 6. Dielectric relaxation time.

그림 5에 의해 구한 ξ 로부터 단분자의 유전완화 시간을 계산한 결과를 그림 6에 나타냈다. 유전완화 시간은 150 \AA^2 에서 1.106, 100 \AA^2 에서 0.562, 50 \AA^2 에서 0.237으로 분자 영역에 의존하여 점유면적이 좁아짐에 따라 짧아지는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

수면 위 DMPC 유기 단분자막의 압력자격에 의한 변위전류와 표면압등을 측정하였는데 압축속도가 빠를수록 변위전류의 최대값은 크게 나타났으며, 단분자의 유전완화 시간을 결정하기 위해 압축 속도 a 와 분자 면적 A_m 사이에서 선형관계가 주어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 선형관계로부터 점성계수 $\xi=0.722 \times 10^{-19} \text{Js}$ 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.

참고 문헌

- [1] 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, No 3, pp.536-539, March(1990)
- [2] V. K. Srivastava, In physics of Thin Films, Built-up Morecular Films and Rheir Application, 314-315, 1984
- [3] Abraham Ulman, An Introduction to ultrathin organic films, 339-402, Academic Preess, 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 seientific instruments, AIP, vol.62, No.9, pp. 2228~2283, 1991