

지질단분자막의 배향 특성에 관한 연구

이 경 섭*, 권 영 수

*동신대학교 전기전자공학과

동아대학교 전기공학과

A Study on the Orientational Properties of Phospholipid Monolayers

Kyung-Sup Lee* Dept. of Electrical and Electronic Eng., Dong-Shin Univ.

Young-Soo Kwon Dept. of Electrical Eng., Dong-A Univ.

Abstract

The organization of phospholipid monolayers on a water surface was investigated by means of Maxwell-Displacement-Current(MDC)-Measuring technique. The phase transition from the gaseous phase to the gaseous-fluid phase which accompanies the polar ordering of lipid molecules was detected by the technique in the range of immeasurable low surface pressure and the molecular-area which gives the onset of the transition was determined for lipid monolayers. The vertical component of dipole moment of lipid membranes was determined from the charge flowing through the circuit, and we measured differential thermal analysis of sample.

1. 서론

최근 전기 전자 재료 공학의 발달에 따라 무기 재료의 극소 제작의 한계성 때문에 유기물 신소재를 이용한 분자 Level의 전기 전자 소자 개발에 관한 연구가 국내에서 활발하게 진행되어 지고 있다. Langmuir-Blodgett(LB)법은 이러한 분자 전자 소자의 개발을 위한 기초 연구로서 각광을 받고 있는 방법 중의 하나이다. 특히 LB법은 유기 분자를 일정한 배열로 박막화할 수 있다는 것과 단분자제어가 가능하다고 하는 점에서 전기 전자 소자, 바이오 센서, 비선형 광학재료 등 기능성 소자에의 응용이 가능하다고 하는 방법으로 알려져 왔다. LB膜은 수면에 전개된 Langmuir(L)膜을 고체 기판상에 누적시킴으로서 유기박막이 형성되는 데 유기박막을 구성하는 분자들의 배열과 배향은 LB膜의 특성에 크게 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 LB膜의 특성을 설명하는 데 있어서 우선 L膜의 물성을 관측하는 것이 중요하다고 하는 관점에서 지질 단분자를 이용하여 L膜을 형성한 후 외부 자극(압력)을 인가시켜 분자의 점유면적당 표면압의 변화와 변위전류 및 다이폴 모멘트를 측정하였

다. 또한 시료의 열적특성을 측정하였는 데 특정 온도에서 단분자의 배향특성이 변화되는 것도 역시 확인할 수 있었다.

2. 측정 원리 및 실험

지질 단분자막을 사용하여 L膜을 형성한 후 Trough의 Barrier를 압축하면 다음 (1)식의 전하량 Q 가 상부 전극 1에 유기 되고, 이 들 유기 전하량은 Electro-meter를 통하여 검출된다.

$$Q = -\frac{Ns}{d}\mu \quad (1)$$

s : 상부 전극의 면적

N : 지질 단분자막의 분자 밀도

d : 상부 전극과 수면과의 거리

μ : 수직 방향의 다이폴 모멘트 평균값

또한 지질 단분자막의 외부에서 압력을 가하면 막의 상태와 구조가 변화되므로 이 때 전극 사이의 분자간 진속 밀도가 변화할 때 변위전류는 흐르게 된다. 외부 회로를 통하여 흐르는 변위전류 I 는 (2)식과 같다.

$$\begin{aligned} I &= -\frac{dQ}{dt} = \frac{s}{d} \frac{d}{dt}(N \cdot \mu) \\ &= \frac{s}{d} \left\{ \mu \frac{dN}{dt} + N \frac{d\mu}{dt} \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

그림 1은 본 연구에서 사용한 지질 단분자의 구조이다. 분자는 $L-\alpha-DMPC$ (Dimyristoyl phosphatidylcholine)로서 분자구조는 알킬chain이 2개($2 \times C14$)인 지방질의 소수기와 choline기를 갖는 친수성의 양친매성 물질로 구성되어 있다. 분자는 클로로포름을 용매로 하여 0.2 mmol/l

의 농도로 조성하였다.

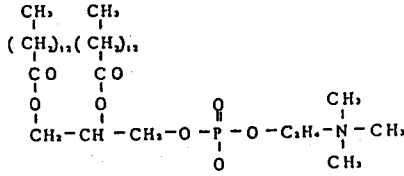


그림 1. 시료의 분자 구조

그림 2는 본 연구의 측정 장치인데 Nippon Laser제품의 Trough를 사용하여 표면압과 변위전류 및 다이폴 모멘트를 측정하였다. 전극 1은 면적이 45.6 cm^2 의 원형 ITO glass로서 스테인레스 스틸로 실드를 하였으며 상부 전극과 수면과의 거리는 약 1 mm 로 하였고 지질 단분자를 수면에 전개시킨 후 5분간 방치하여 Barrier의 압축 속도를 40 mm/min 의 속도로 하여 측정하였다. 또한 열에 의한 시료의 배향 상태 변화를 관측하기 위한 열시차 분석은 실온에서 150°C 까지의 범위에서 측정해 보았으며 승온 속도는 10°C/min 로 하였다.

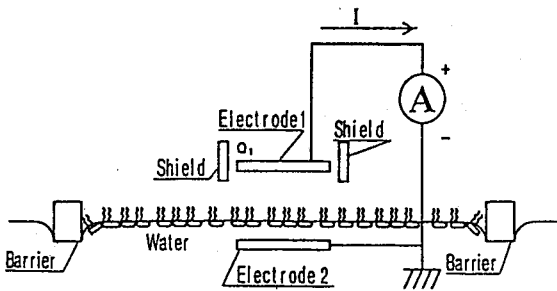
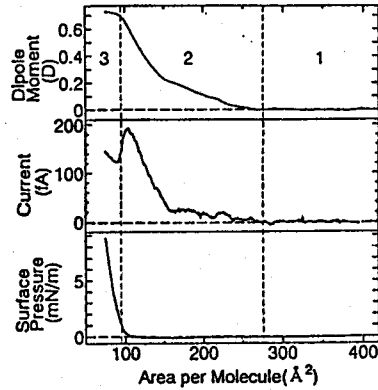


그림 2. 변위전류 측정 장치

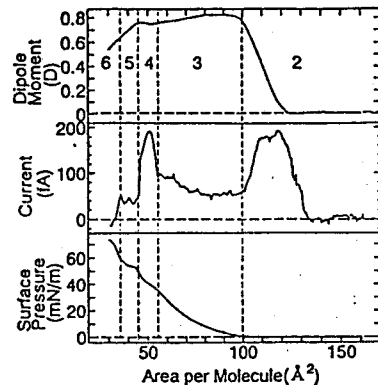
3. 실험 결과 및 고찰

지질 단분자 시료를 Trough에 전개시켜 막을 압축했을 때 표면압과 변위전류 및 다이폴 모멘트의 변화 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림 3(a)는 분자 구조 중 소수기 부분인 알킬체인에 의존하여 변위전류가 발생하는 지점을 관측하기 위한 낮은 압력에서의 실험 결과이며 분자의 점유 면적을 $400\text{\AA}^2 \sim 50\text{\AA}^2$ 부근까지 압축하였다. 압축이 시작되었을 때 변위전류는 발생하지 않았으며 분자의 점유 면적이 100\AA^2 에서 표면압의 변화를 볼 수 있었고 변위전류는 280\AA^2 부근에서 발생하기

시작함을 알 수 있었다. 변위전류 발생 지점은 분자가 갖고 있는 알킬체인의 회전 모델 반경에 대한 계산 값과 일치하지 않으나 이는 2개의 알킬체인이 서로 방해하고 있기 때문이라 생각되어 진다. 그림 3(b)는 압축 과정에 있어서 분자의 배향 특성을 알아보기 위한 비교적 높은 압력에서의 실험 결과이다. 그림 중 2의 영역은 표면압이 변화하고 있지 않은 상태에서 변위전류와 다이폴 모멘트가 변화되는 기상/액상 상태로 생각되며 다이폴은 변위전류의 변이와 더불어 직선적으로 증가됨을 알 수 있었다. 3, 4의 영역은 액상 상태로서 변위전류 피크 후 표면압이 증가해도 다이폴의 변화는 거의 평형 상태인 단일 액상 상태로 생각되어 진다. 또한 표면압의 증가와 더불어 40\AA^2 부근에서 분자 구조의 배향성이 호트드리지는 막이 붕괴되는 상태라고 생각되어 진다. 그림 4는 시료의 열 분석 결과이다. 이 결과로 보아 61.1°C 에서 흡열반응에 의한 분자의 배향 상태가 변화됨을 알 수 있었고 시료의 중량은 57°C 부근으로부터 감소되어 감을 알 수 있었다.



(a) 낮은 압력에서의 결과



(b) 높은 압력에서의 결과

그림 3. 지질 단분자막의 분자 점유 면적당 표면압, 변위전류, 다이폴 모멘트

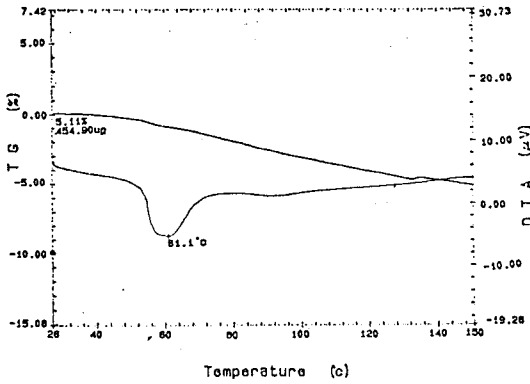


그림 4. 시료의 열시차 분석

4. 결론

지질 단분자인 $L-\alpha$ -DMPC에 외부 자극으로서 압력을 인가하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 변위전류법에 의하여 지질 단분자막의 변위전류를 검출하였다.
- (2) 분자의 점유 면적당 변화되는 표면압, 변위전류, 다이폴 모멘트가 서로 잘 일치함을 알 수 있었다.
- (3) 지질 단분자막은 기상/액상 상태와 단일 액상 상태로서만 존재함을 알 수 있었다.
- (4) 시료의 열 분석은 61.1°C부근에서 분자의 배향상태가 변화됨을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

1. E. G. Wilson, Electron. Lett. 19,273(1983)
2. G. Roberts, Langmuir-Blidgett Films (Plenum, New York, 1990)
3. 국상훈, 권영수의 한국전기전자재료학회, 1993년 제6권 3호
4. Y. Majima and M. Iwamoto, Review of Scientific instruments (AIP, Vol.62, No.9, September 1991)
5. Y. Majima, Y. Kanai, M. Iwamoto, JPN. J. Appl. Phys. 72, 1637, (1992)
6. M. Iwamoto and Y. Majima : JPN. J. Appl. Phys. 27 (1988) 721
7. 이경섭, 권영수의 2인 "변위전류법에 의한 지질 단분자막의 π -A특성" 한국전기전자재료학회, 춘계학술대회 논문집, p120. (1995)