

변위전류법에 의한 지질 단분자막의 $\pi-A$ 특성

$\pi-A$ properties of phospholipid monolayers by Maxwell-displacement-current-measuring technique

이 경 섭* 동신대학교 공과대학 전기전자공학과
전 동 규 동신대학교 대학원 전자공학과
권 영 수 동아대학교 공과대학 전기공학과
국 상 훈 조선대학교 공과대학 전기공학과

K. S. Lee* Dept. of Electrical and Electronic Eng., Dong-shin Univ.
D. K. Chon Dept. of Electronic Eng. Dong-shin Univ., Grad.
Y. S. Kwon Dept. of Electrical Eng., Dong-a Univ.
S. H. Kook Dept of Electrical Eng., Cho-sun Univ.

Abstract

Maxwell-Displacement-Current-Measuring Technique(MDCM) is a simple system for displacement current measuring which consist with two electrodes to the electrometer. With this method, the displacement current flow only when the electric flux density change by the displacement of molecules or charge particles of membrane on the water surface. Thus, It is possible to detect dynamic behavior of molecules of membrane without any electrical contact with molecule membrane.

In this paper, We measure surface pressure, displacement current and dipole moment of phospholipid monolayers on the water surface with applied pressure by MDCM and We measured DTA(differential thermal analysis).

1. 서 론

Langmuir-Blodgett(LB)법은 단분자 제어가 가능하다고 하는 관점에서 바이오센서와 분자

전자 디바이스의 구축 기술로서 기대 되어지는 방법 중의 하나이다.^{1-3,6}

최근 LB법을 이용한 기능성 소자의 개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있는데 LB막의 물성 평가에 앞서 Langmuir(L)막의 물성 평가는 LB막의 물성을 해명하는데 중요하다고 알려져 왔다.^{4,5,6} L막의 평가는 수면에 단분자층을 형성하여 분자의 점유 면적에 따른 표면압의 상전이 관계로서 주로 평가를 해 왔었는데 본 연구에서는 변위전류법을 이용하여 L막의 외부 압력을 가했을 때 발생하는 표면압의 변화, 변위전류, 다이폴 모멘트를 측정하고 그 결과를 평가하였다. 이 측정은 평판 전극을 사용하여 공기 중의 전극과 수면 속에 전극을 두고 L막을 샌드위치 형태로 하여 양 전극을 단락 시켜 측정하였다. 또한, 온도에 따른 분자의 변위 및 배향 상태 변화를 보기 위한 열 분석을 시도하였다. 변위전류 측정에 있어서 지질 단분자막의 변이에 따른 표면압, 변위전류, 다이폴모멘트의 변위가 서로 잘 일치하였고, 49.6°C의 온도에서 지질 단분자의 배향상태가 변화됨을 관측하였으므로 이 측정 결과를 보고한다.

2. 측정 원리 및 실험

트러프의 수면에 지질 단분자를 전개시켜 Barrier를 압축, 확장하면 다음(1)식의 전하량 Q가 상부 전극1에 유기 되고,이들 유기 전하량은 전류계를 통하여 검출된다.

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

- S : 상부 전극의 면적
- N : 분자 밀도
- d : 상부 전극과 수면과의 거리
- μ : 수직 방향의 다이폴모멘트 평균치

또한 지질 단분자막의 외부에서 압력을 가하면 막의 상태와 구조가 변화되므로 이때 전극 사이의 분자간 전속 밀도가 변화할 때 변위전류는 흐르게 된다. 외부 회로를 통하여 흐르는 변위전류 I는 (2)식과 같다.^{4,5,6}

$$I = -\frac{dQ}{dt} = \frac{S}{d} \left\{ \mu \frac{dN}{dt} + Nd \frac{d\mu}{dt} \right\} \quad (2)$$

그림1은 본 연구에 사용했던 분자구조이다. 분자는 L- α -DLPC(Dilauryl phosphatidylcholine)로서 분자 구조는 알킬chain이 2개(2×C12)인 지방질의 소수기와 인산 에스테르, choline기를 갖는 친수성의 양친매성 물질로 구성되어 있다. 분자는 클로로포름을 용매로 하여 0.2 mmol/l의 농도로 조성하였다.

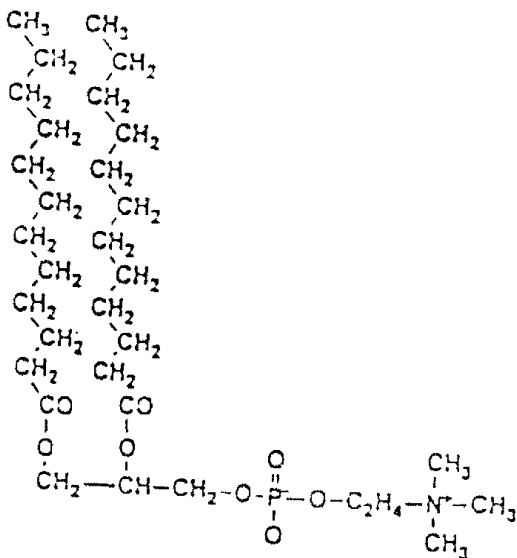


그림1. 시료의 분자구조

그림2는 본 연구의 측정 장치이다. 전극1(상부 전극)은 면적이 45.6cm²의 원형 ITO glass로서 noise차폐를 위하여 스테인레스스틸로 실드를 하였으며 트러프에 탈착이 용이하도록 하였다. 전극2(하부 전극)는 금선(gold wire)으로서 수중에 설치하였다. 전극1과 수면의 거리는 LCZ meter를 사용하여 약 1mm로 하였고, 수면에 전개시킨 지질 단분자막의 압축과 확장을 위하여 moving barrier는 2개로 하였으며 조성된 시료를 PH6의 수면에 전개시킨 후 5분간 방치하여 40mm/min의 속도로 측정하였다.

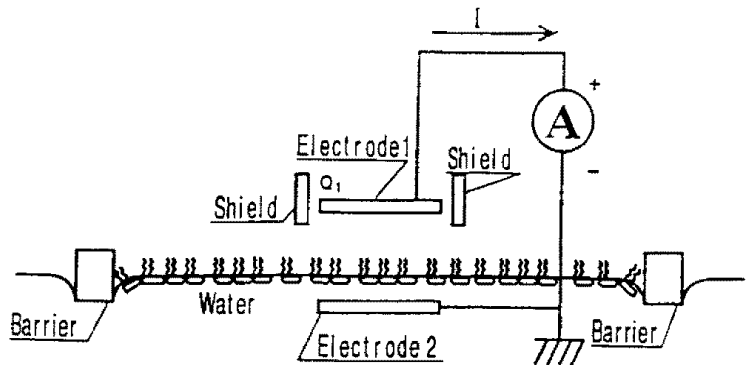
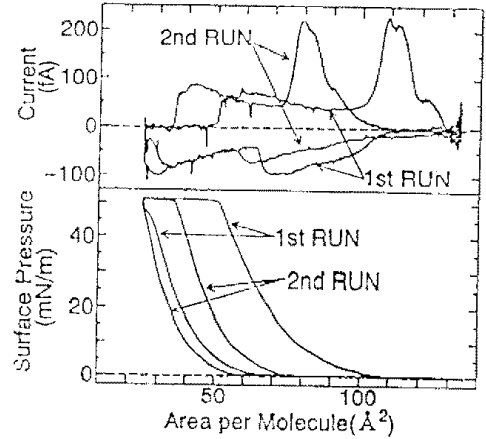


그림2. 측정 장치

3. 결과 및 고찰

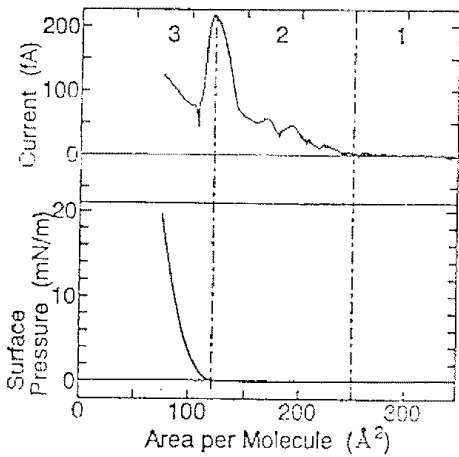
지질단분자막을 40 mm/min의 속도로 압축했을 때 변위전류의 파형이 그림3이며 넓은 면적에서의 실험 결과가 그림 3(a)이며 400~50Å²의 면적까지 압축하였다. 압축이 시작되었을 때 변위전류는 발생하지 않았으며 분자의 점유 면적이 120Å²부근에서 표면압의 변화를 볼 수 있었고, 변위전류는 250Å²부근에서 발생하기 시작함을 알 수 있었다. 변위전류의 발생지점은 분자가 갖고 있는 알킬체인의 회전모델의 반경(πr^2)에 따르면 약 700Å²으로 계산되어지나 실험치에 의하면 250Å²이었는데 이는 배리어의 압축시 2개의 알킬chain이 서로 방해하고 있기 때문이라고 생각되어진다. 그림3(b)는 압축 과정에 있어서의 분자의 배향 특성을 알아보기 위한 좁은 면적에서의 실험 결과이며 150-30Å²의 범위로 압축해 보았다. 지질 단분자막을 압축하는 동안 120Å²부근에서 peak전류가 발생되었으며 분자의 점유 면적당 표면압의 변화, 변위전류의

변화와 다이폴모멘트의 변화가 서로 일치함을 알 수 있었다. 또한 다이폴모멘트는 측정 회로를 통하여 흐르는 전하로부터 결정되었음을 알 수 있었다. 그림3(c)는 트러프에 전개된 지질 단분자막을 압축과 확장 시의 표면압과 변위전류의 결과인데 지질단분자막의 외부에서 압력을 가하여 barrier를 역으로 변화시켜도 제어가 가능하다는 것을 알 수 있었고 전개된 막을 30Å² 부근까지 압축시켜도 압축되어진 지질 단분자막은 완전하게 붕괴되지 않음을 알 수 있었다. 그림4는 시료의 열 분석의 결과이다. 이 결과로 보아 그림4(a)의 49.6°C에서 흡열반응에 의한 분자의 배향 상태가 변화됨을 알 수 있었고 시료의 중량은 46.9°C 부근으로부터 감소됨을 알 수 있다.



(c) 압축, 확장시의 결과

그림3. 지질 단분자막의 실험 결과



(a) 넓은 면적에서의 압축 결과

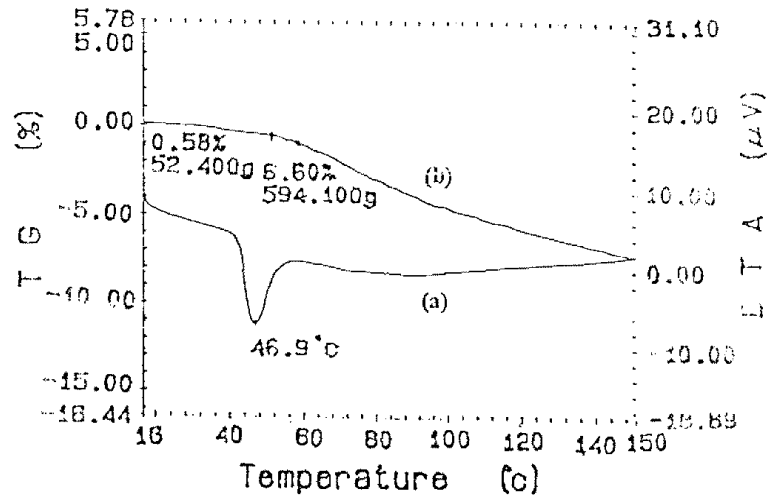
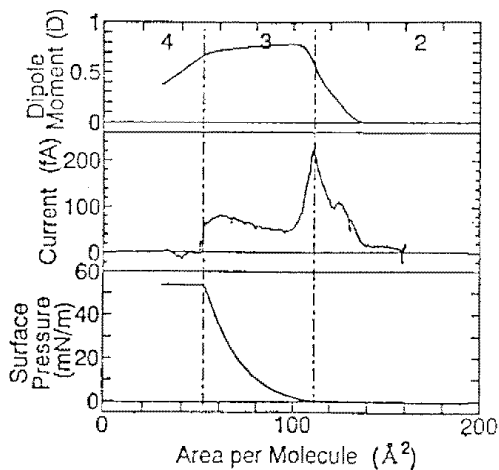


그림4. 시료의 열 분석



(b) 좁은 면적에서의 압축 결과

4. 결론

지질 단분자막(DLPC)에 외부 자극으로서 압력을 가하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 변위전류법에 의하여 지질 단분자막의 변위전류를 검출하였다.
- (2) 분자의 점유 면적당 변화되는 표면압, 변위전류, 다이폴모멘트가 잘 일치함을 알 수 있었다.

- (3) 트러프에 전개된 지질 단분자막을 좁은 면적까지 압축하여도 막은 완전하게 붕괴되지 않음을 알 수 있었다.
- (4) 시료의 열 분석으로 46.9°C 부근에서 분자의 배향 상태가 변화됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) E. G. Wilson, Electron. Lett. 19,273(1983)
- 2) M. Iwamoto and Y. Majima : JPN. J. Appl. Phys. 27 (1988) 721
- 3) G. Roberts, Langmuir-Blidgett Films (Plenum, New York, 1990)
- 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) 국상훈, 권영수의 한국전기전자재료학회, 1993년 제6권 3호