

DPPC 유기박막의 상전이에 관한 연구

A Study on the Phase Transition of DPPC Organic Films.

김동관*, 이순형*, 최영일**, 최충석***, 장희동, 이경섭***

(Dong-Kwan Kim*, Soon-hyung Lee*, Young-Il Choi**, Chung-Seog Choi***, Hee-Dong Jang, Kyung-Sup Lee**)

Abstract

Conductive Langmuir-Blodgett(LB) films have recently attracted much interest from the viewpoint of ultrathin film conductors at the molecular level. The result shows that the Maxwell-displacement-current(MDC) measuring technique is useful in the detection of phase-transition over the entire range of molecule areas. At the liquid-solid phase transition, a striking feature in the present current measurement was observed; the I-A isotherm for a DPPC monolayer has sharp bend. Dynamic behavior of monolayers in the presence of an external field was also investigated using the current-measuring technique. Dynamic behavior of DPPC monolayer was measured by displacement current when the molecules are stimulated by pressure velocity. As result, it is known that current is generated of higher current pe마 as compression velocity become faster. Also, in order to clarify the reorganization of the lipid monolayers, it is instructive to plot the relationship between I and $1/A^2$.

Key Words(중요용어) : Displacement Current(변위전류) , phase transition(상전이)

1. 서 론

LB박막은 수면에 전개된 Langmuir(L)막을 고체기판 위에 누적시킴으로써 얻어지는데 LB막의 특성을 해명하는데 있어서 L막의 물성 평가가 우선되어야 하며, L막의 물성 평가는 수면에 단분자층을 형성하여 분자의 점유면적에 따른 표면압의 상전이 관계를 평가하는 것이 중요하고 L막의 물성 평가를 통해 유기 단분자의 동적 거동과 그 기능성을 확인할 수 있다.^{1)~7)} 본 연구에서는 수면위의 단분자막에 외부자격을 가하여 표면압과 변위전류를 측정하였으며, 속도 자격에 따라 상전이 현상을 연구하였다.

* 동신대학교 대학원 전기전자공학과
(전남 나주시 대호동 동신대학교,
Fax: 0613-330-2909
E-mail : kwa3211n@hanmail.net)

** 조선이공대학 전자과

*** 한국전기안전공사(KESCO)

*** 동신대학교 공과대학 전기전자공학부

2. 실 험

상부전극 아래에 존재하는 분자들의 동적인 거동에 따라 유기된 전하량 Q는 식(1)과 같다.

$$Q = -N \frac{\mu_z}{d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 (V - \phi_s) S}{d} \quad (1)$$

여기서 d : 상부전극과 수면과의 거리

μ_z : 쌍극자 모멘트의 크기

ϵ : 공기의 비유전율

ϵ_0 : 진공유전율

V : 전위차

ϕ : 수면의 전위

s : 상부전극의 면적이다.

순수물위에 전개된 유기단분자막에 외부자격을 인가시켰을 경우 유기단분자들의 동적인 거동에 따른

변위전류 I 는 식(2)과 같이 상부전극에 유기된 전하량 Q 를 시간으로 구하여 식(3)과 같이 나타낼 수 있으며

$$I = - \frac{dQ}{dt} \quad (2)$$

$$I(t) = \left(\frac{\mu_z}{d}\right) \frac{dN}{dt} + \left(\frac{N}{d}\right) \frac{d\mu}{dt} + \left(\frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}\right) \frac{d\phi_s}{dt} \quad (3)$$

자격속도에 따른 변위전류 관계식은 식(4)와 같다.

$$I = \frac{S}{d} a \left[d \frac{\mu_z}{dx} \right] \quad (4)$$

변위전류의 크기는 상부전극의 면적, barrier의 속도 a , 쌍극자모멘트의 크기와 비례하며 수면과 상부전극과의 거리와는 반비례한다.

그림1은 지질분자로서 알킬체인이 2개($2 \times C_{16}$)인 친지방질의 소수기와 인산에스테르, Choline기를 포함한 친수성의 양친매성 물질로 구성되어 있고 시료의 조성은 클로르포름을 용매로 하여 0.2mmol/l의 농도로 조성하였다.

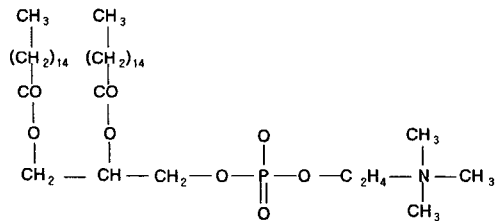


그림 1. D- α -DPPC의 분자 구조

Fig. 1. Molecular structures of D- α -DPPC

그림2는 본 실험에 사용한 측정 장치이다. 전극 1(상부 전극)은 면적이 $45.6[\text{cm}^2]$ 의 원형 ITO glass를 사용하여 스테인레스 스틸로 실드를 하였으며 트러프에 탈착이 용이하도록 하였다. 전극 2(하부 전극)는 금선을 사용하여 수중에 설치하였으며 전극 1과 수면과의 거리는 LCZ metre를 이용하여 약 1mm로 조정하였다. 온도를 20°C 로 유지시켜 실험을 진행하였다. 지방산 단분자를 수면에 균일하게 전개하여 안정될 때까지 10분간 기다린 후 Barrier의 속도를 30, 40, 50[mm/min]의 속도로 압축하였다.

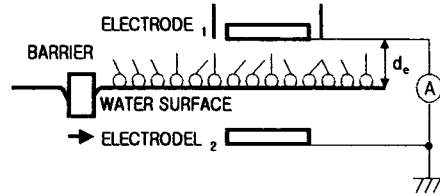


그림 2 변위전류 측정장치

Fig 2. Apparatus of displacement current measurement

3. 결과 및 고찰

그림 3은 지질단분자를 수면에 전개시킨 후 barrier를 압축하였을 때 표면압, 변위전류, 다이폴모멘트의 변이를 비교적 높은 압력에서의 실험한 결과이다. 배리어를 $130[\text{Å}^2]$ 에서 $15[\text{Å}^2]$ 까지 압축하였으며 분자의 점유 면적이 $90[\text{Å}^2]$ 부근에서 변위전류의 발생을 볼 수 있었고 $75[\text{Å}^2]$ 부근에서는 표면압의 변화를 볼 수 있었다. 그림 중 a의 영역은 표면압이 변화하지 않고 변위전류와 다이폴이 변화하는 기상/액상 상태로 생각되며 b영역은 액상 상태에서 변위전류 피크후 표면압이 증가해도 다이폴의 변화가 없는 단일 액상 상태라고 생각되어 진다. c영역은 표면압의 변화로 보아 분자의 배향성이 호트리지는 막의 붕괴가 되어진 상태로 생각되어진다.

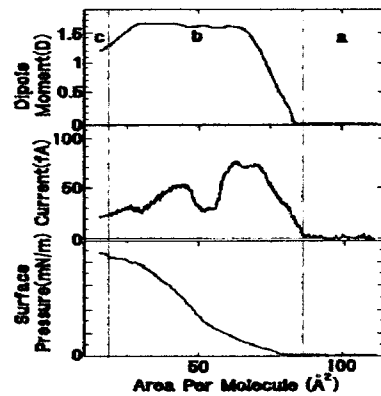
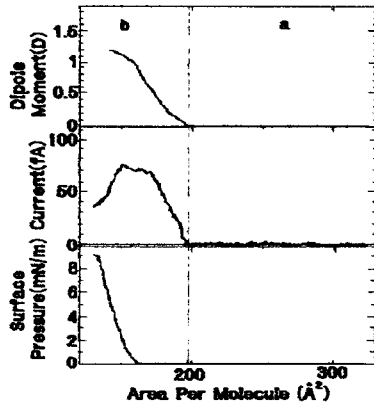


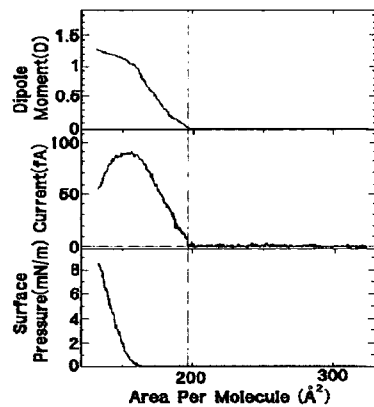
그림 3. 높은 압력에서의 결과

Fig 3. Result in high pressure

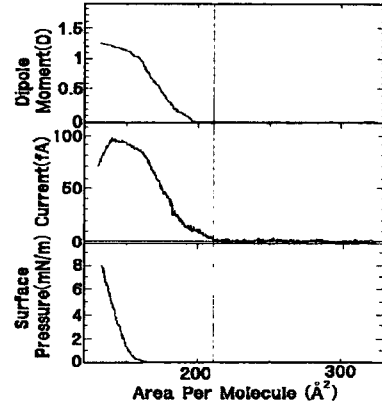
그림 4 (a),(b),(C)는 분자의 소수기 부분인 알킬체인에 의존한 변위전류 발생지점을 관찰하기 위한 비교적 낮은 압력에서의 실험결과이다. 그림 4(a)의 영역에서는 변위전류가 발생하지 않았는데 이는 분자들의 분포도가 주변 분자의 영향을 받지 않을 정도로 충분한 거리를 유지하여 분극 작용을 일으키지 않는 기상상태로 생각된다. b영역은 유전 분극이 일어나기 시작하는 기/액상 상태가 공존하는 영역으로 생각된다. 또한 배리어의 자격 속도에 따라 변위전류의 최대값이 각각 80, 90, 100[fA]로 검출되어지는 결과로 보아 자격 속도 α 에 의존함을 알 수 있었다.



(a) 배리어 속도 : 30[mm/min]
(a) Barrier speed : 30[mm/min]



(b) 배리어 속도 : 40[mm/min]
(b) Barrier speed : 40[mm/min]



(c) 배리어 속도 : 50[mm/min]
(c) Barrier speed : 50[mm/min]

그림 4. 압축속도에 따른 낮은 압력에서의 결과
Fig. 4. Result of high pressure by compression velocity

그림 5는 지질단분자막의 상전이 해석을 좀 더 명확하게 하기 위해 비교적 높은 압력에서 전류 I와 $1/A^2$ 의 관계를 알아본 결과이다. 0점과 교차하는 직선으로부터 큰 편차는 영역 a에서 관측되는데, 그 편차는 분자의 배향 변화가 크기 때문이라고 생각된다. 그와 대조적으로 전류 I와 $1/A^2$ 사이의 선형 관계는 영역 b에서 나타났다. 이 영역에서 변위전류 검출의 주된 이유는 분자수의 변화에 기인된다고 생각된다. 영역a에서는 지질 분자의 극성의 순차와 연

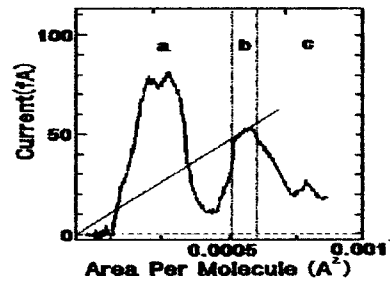


그림 5. I와 $1/A^2$ 의 관계
Fig. 5. Relationship of I and $1/A^2$

관련 상태로 가정한다면 DPPC분자의 소수기 그룹이 면적A가 감소하는 동안 변화한다. 이와 대조적으로 영역b에서는 매우 안정적이고 이 영역에서는 동일한 단분자막이 액상상태를 갖는다. 영역 c는 다른 상전이 영역으로 가정한다면 액체상태에서 고체상태의 전이로 상응답의 상태로 공존 상태 영역이다.

4. 결론

본 연구에서는 지질단분자막에 외부자적으로 압력을 변화시켜 가면서 표면압의 변화와 변위전류, 쌍극자모멘트를 검출하였다.

- (1) 압축속도가 빠를수록 변위전류 발생의 최대값이 크고 이론식(4)와 잘 일치됨을 알 수 있었다.
- (2) 지질단분자막의 상전이 현상을 좀더 명확히 하기 위해 비교적 높은 압력에서 전류 I와 $1/A^2$ 의 관계를 알아보았다. 분자당 점유면적이 낮은 영역에서도 기상상태에서부터 극성의 순차적인 상전이가 명확히 검출되었고, 유기박막의 상전이 형태를 변위전류로 검출하여 명확하게 평가할 수 있었다.

참고문헌

1. G. Roberts, "Langmuir-Blodgett Films," Plenum, New York, 1990
2. Kyung-Sup Lee and Mitsumasa Iwamoto, "Maxwell Displacement Current across Phospholipid Monolayers at the Air/Water Interface", J. of Colloid and Interface 177, 414-418(1996)
3. Y. Majima and M. Iwamoto, "A New displacement current measuring system coupled with the Langmuir-film technique", Review of scientific instruments, Vol. 62, No. 9, pp. 2228-2283, 1991.
4. Mitsumasa Iwamoto and Yutaka Majima, "Investigation of the dynamic of fatty monolayer at the air-water interface using a

displacement current-measuring technique coupled with the Langmuir-film technique", journal of Chem phys. 94(7), 1 1991.

5. Mitsynasa Iwamoto and Tohru Kubota, "Maxwell-displacement-current across phospholipid monolayers due to phase transition", journal of chem phys. Vol. 104, No. 2, 8(1996)
6. Mitsumasa Iwamoto and Yutaka Majima, "Investigation of the dynamic of fatty monolayer at the air-water interface using a displacement current-measuring technique
7. 이경섭 외 6명, 유기지방산(DMPC)의 전기특성에 관한 연구. 전기전자재료학회논문지 Vol. 12, No. 10pp. 881-886, 1999