

인지질막의 유전완화 특성

Dielectric Relaxation Characteristics of Phospholipid Membrane

| | |
|-------------|--|
| 이경섭 | 동신대학교 공과대학 전기전자공학과 |
| 조수영* | 동신대학교 대학원 전기전자공학과 |
| 박석순 | 동신대학교 대학원 전기전자공학과 |
| 정현상 | 조선대학교 공과대학 전기공학과 |
| 최영일 | 조선공업전문대학 전자공학과 |
| K. S. Lee | Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ. |
| S. Y. Cho* | Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ. grad. |
| S. S. Park | Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ. grad. |
| H. S. Chung | Dept. of Electrical Eng. Chosun Univ. |
| Y. I. Choi | Dept. of Electronic Chosun Engineering College. |

Abstract

We experimentally investigated the dielectric relaxation phenomena of a liquid crystal monolayers by the Displacement current technique and displacement current flowing across monolayers is analyzed using 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 linear relationship between the monolayers compression speed α and the molecular area. The dielectric relaxation time of phospholipid monolayers was examined on the basis of the analysis developed here.

Key Words(중요용어) : Dielectric relaxation time(유전완화시간), Displacement current(변위전류)
Phospholipid(인지질)

1. 서 론

수면에서 전개된 유기단분자는 분자두께의 단분자층이 여러 단계의 형태를 가지고 있으며, 그것들은 물리 화학 전기전자분야에서 2차원적인 공동적 구조를 나타내므로 많은 관심을 받고 있다. 단분자의 물리 화학적인 특성은 Langmuir에 의해 유동적인 단분자가 발견된 이래로 많은 방법론이 발견되어 단분자들 사이에서 일어나는 변화를 표면전위 측정과 변위전류 측정방법에 의해 Langmuir막의 비전기적 특성을 연구하는데 이용되어지고 있으며 이러한 방법들을 사용하면서 Langmuir단분자의 변이 단계의 기타 여러 가지의 압전 특성의 연구가 되어지고 있다. 또한, 연구를 통하여 기본적인 물리화학적 특성 중 하나를 동반하고 있는 유전완화시간에 대한 이론과 완화시

간 τ 를 결정하는 방법을 개발하게 되었는데 유전완화현상은 Debye이론에 기초를 두고 연구되어, 열자극 전류(TSC), 감극전류, 유기막의 비전기적 분산특성과 기타 여러 가지 것들로 분석되어 왔다. 그 중 TSC측정에서 폐회로 전류는 유기막이 천천히 가열되는 동안에 관찰되어졌는데, 이와 비슷하게도 유기단분자의 변위전류측정에서 폐회로 전류는 단분자를 압축하는 동안에 관찰되어졌다[1][2][4][5].

본 논문에서는 변위전류 방법에 의해서 압력자극 속도 α 를 이용하여 자격시간을 조절함으로써 좀 더 명확한 압전특성을 관측 하였다.

2. 측정원리 및 실험

수면 위의 단분자막에 압력 등의 외부자극을 주었

을 때 유기단분자는 즉시 평형 상태에 도달하지 못하며, 시간이 경과한 후에도 시간적 변화에 변화가 없는 평형상태에 도달하는 것이다. 이와 같이 시간의 변화에 의해서 비평형한 상태에서 평형한 상태로 이동되는 현상을 완화현상이라 한다.

수면 위의 단분자막(그림 1. 참조)에 대하여 외부 자극으로서 압력을 가하면 전기분극이 발생하고(압전), 평형상태로부터 벗어나려는 방향으로 힘이 작용한다. 이때, 파라미터 S의 평형상태로부터 미소 변위를 ΔS 로 둔다면 식(1)과 같다[3].

$$\Delta S = S - S_{eq} \quad (1)$$

여기서, 비평형 상태의 파라미터 S는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$S = \frac{\int_0^{\theta_A} \cos \theta f \sin \theta d\theta}{Z} \quad (2)$$

따라서, ΔS 는 식(3)과 같이 된다.

$$\Delta S = S - S_{eq} \cong \frac{RU(t)}{kT} (\langle \cos \theta \rangle^2 - \langle \cos^2 \theta \rangle) \quad (3)$$

식(3)의 좌변은 0이므로 식(4)와 같이 된다.

$$\Delta S = \frac{\tau}{\xi} (1 - \langle \cos^2 \theta \rangle) RU(t) \quad (4)$$

따라서, 식 (3)과 식(4)를 정리하면 완화시간 τ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tau = \frac{\xi}{kT} \frac{\langle \cos \theta \rangle^2 - \langle \cos^2 \theta \rangle}{1 - \langle \cos^2 \theta \rangle} \quad (5)$$

$U(t)$: 단위계단함수

R : $t=0$ 일 때 단분자에 적용되는 상호작용

Z : 분배함수

τ : 단분자막의 완화시간

ξ : 단분자의 마찰상수

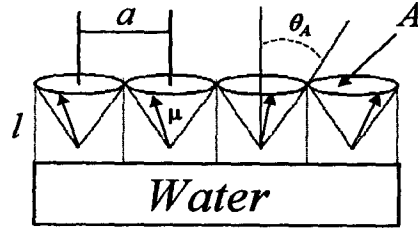


그림 1. 수면 위의 분자 모델

Fig. 1. Molecular model on water surface

본 연구에 사용된 L- α -Dilaurylphosphatidylcholine(DLPC)는 Sigma로부터 구입하여 사용하였으며 chloroform을 용매로 하여 LB trough의 수면 위에 $2 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 농도로 조성하여 전개하였다.

그림 2는 본 연구에 사용된 측정장치(Kuhn type)이며 trough, 전류계등으로 구성되어 있다. trough는 barrier와 상부전극(전극 1), 하부전극(전극 2), 표면압계로 구성되어 있고 barrier의 속도는 20 mm/min에서 90 mm/min까지 조정이 가능하고, 상부전극의 면적은 45.6cm²의 원형 ITO glass로서 스테인레스 스틸로 실드 하였으며 하부전극은 금선으로서 수중에 설치하였고, 전류 측정장치는 고감도전류계(Keithley 6517)를 사용하였다.

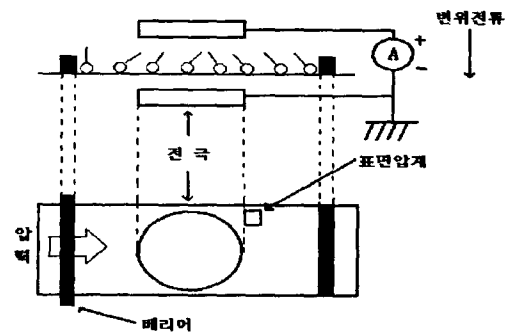


그림 2. 측정장치의 구성

Fig. 2. Configuration of measuring apparatus

3. 실험결과 및 고찰

수면 위의 단분자막에 외부 자극으로서 압력을 가할 때 유전완화현상은 압축속도에 의존하여 변화하는 현상이라고 생각할 수 있다. 따라서, 실험조건은

로서 압축 속도를 30, 40, 50 mm/min로 하였어, 변위 전류를 측정하였고, 유전완화현상을 관측하였다.

그림 3~5로부터 알 수 있듯이 압축속도 a 에 따라 변위전류 피크가 30mm/min 일 때 145 [fA], 40mm/min 일 때 160 [fA], 50 mm/min 일 때 260 [fA]로 나타났으며, 변위전류는 피크값 이후 급격하게 떨어져 일정한 값을 갖는 영역이 존재하며 그 후에 전류값은 0이 되었으며, 전류값이 0이 되는 지점에서 평형상태에 도달했다고 생각할 수 있다. 또한 각각의 변화된 속도에 있어서 평형상태에 도달 되었다고 생각되는 지점의 점유면적도 압축속도가 늦어짐에 따라서 점유면적이 작은 면적에서 나타남을 알 수 있었다. 이는 압축속도가 늦는 쪽이 빠른 쪽보다 완화하는데 시간이 길다는 것을 알 수 있었다.

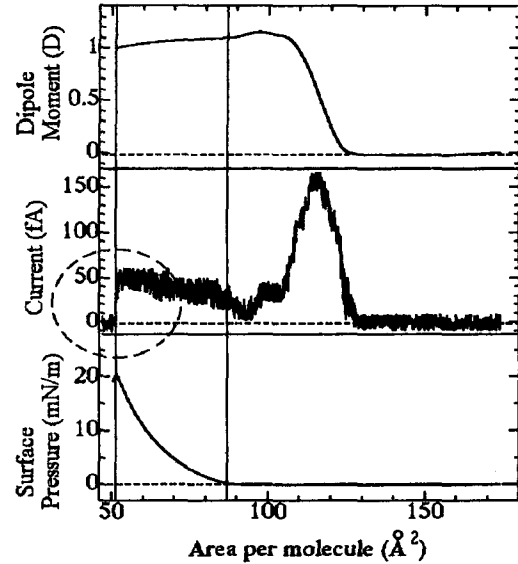


그림 4. 베리어속도 40 mm/min
Fig. 4. Barrier speed 40 mm/min

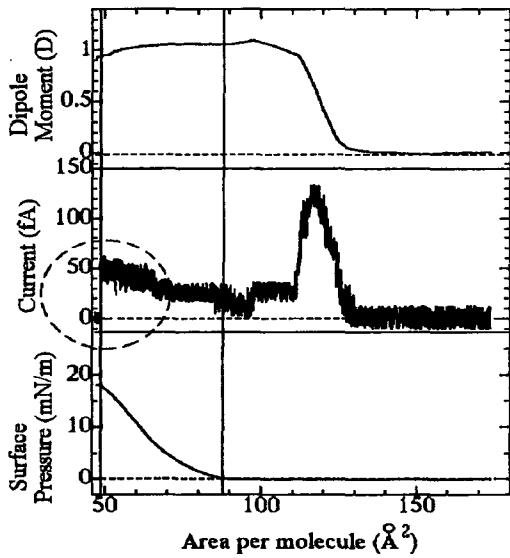


그림 3. 베리어속도 30 mm/min
Fig. 3. Barrier speed 30 mm/min

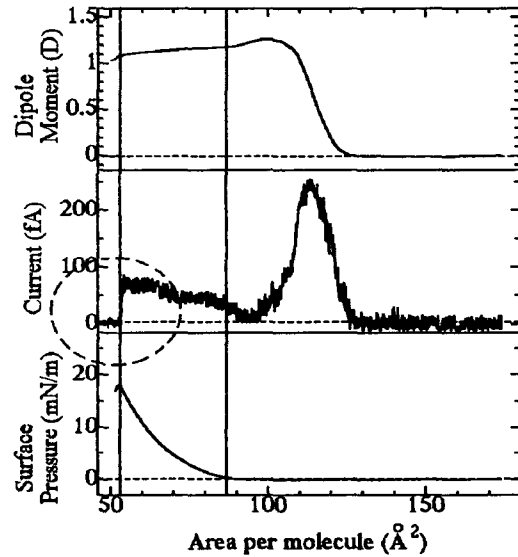


그림 5. 베리어속도 50 mm/min
Fig. 5. Barrier speed 50 mm/min

4. 결 론

수면위의 단분자막에 압력자격을 각각 30, 40, 50 mm/min으로 인가시켰을 때 압축속도에 의존하는 유전완화특성에 대하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 변위전류의 피크값 이후 급격하게 떨어지는 변위전류 형태는 당분간 일정한 값을 유지한 다음 그 크기는 0이 됨을 관측할 수 있었다.
- (2) 압축속도가 늦을수록 완화하는데 필요한 시간은 길어짐을 관측할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었음.

과제관리번호 : 97-021

참고문헌

- [1] G.L.Gaines, "On the story of Langmuir-Blodgett Films", Thin Solid Films, 99(1983) iv~xiii, and references cited there in
- [2] 真島 豊, 変位電流計測システムの開発及び有機単分子膜の動的挙動に関する研究, 東京工業大学・電気電子工学科, 12月, 平成3年.
- [3] Mitsumasa Iwamoto and Chen-Xu Wu, "Analysis of Dielectric Relaxation Phenomena with Molecular Orientational Ordering in Monolayers at the Liquid-air Interface", Physical Review E 54 6603,1996.
- [4] 松本 正一・角田 市 共著, 液晶の基礎と応用 Liquid Crystals-Fundamentals & Application, 工業調査会.
- [5] McConnell, JR, Rotational Brownian Motion and Dielectric Theory, ACADEMIC PRESS INC(LONDON) LTD.