

인지질 유기단분자막의 알킬체인에 의한 유전완화시간

송진원¹, 조수영², 김영근³, 이경섭⁴

¹동신대학교 대학원 전기전자공학과, ²성화대학 전기과,
³광주보건대학 방사선학과, ⁴동신대학교 공과대학 전기공학과

Dielectric Relaxation Time for Alkyl Chain of Phospholipid Organic Monolayers Film

Jin-Won Song¹, Su-Young Cho², Young-Keun Kim³, Kyung-Sup Lee⁴

¹Dept. of Electrical & Electronic Eng., Dongshin University. grad.

²Dept. of Electrical, Sunghwa Collage

³Dept. of Radiotechnology, Kwang-ju Health Collage

⁴Dept. of Electrical Eng., Dongshin University.

Abstract

In this paper, evaluation of physical properties about dielectric relaxation phenomena by the detection of the surface pressures and displacements current on the monolayer films of phospholipid monomolecular DLPC, DMPC using pressure stimulus.

As a result, the changed surface pressure, displacement current and the transition forms of dipole moment of phospholipid monomolecular in area per molecular by pressure stimulus were conformed well. It was known that the monolayers by linear relationship for decision of dielectric relaxation time between compressure speed α and molecule area A_m . By according to the linear relationship relation get that frictional constant ξ , DLPC was 1.89×10^{-19} [Js] and DMPC was 0.722×10^{-19} [Js]. It is found that the phospholipid monolayer of dielectric relaxation takes a little time and depend on the molecular area.

Key word : dielectric relaxation, displacement current, phospholipid

1. 서 론

Nanotechnology(NT)는 정보기술(IT), 바이오기술(BT)과 함께 미래를 위한 기술의 근간이 되는 원천기술로 떠오르면서 국내외적으로 많은 관심을 받고 있으며 Micro 수준의 기술을 대체하여 모든 산업에 혁신을 유발하고 있고 나노기술을 이용한 유기초박막은 초소형, 경량, 대량생산, 및 제작이 용이한 MEMS (Micro Electro Mechanical System)기술에 활용되고 있다. 나노단위의 전기전자소자를 제작하기 위해서는 분자단위에서 소자개발이 필수적으로 요구되어지는데 유기초박막 구성기술을 이용하면 분자단위에서 기능소자화 하는

것이 가능하다고 알려져 있다. 분자를 규칙적으로 배열 및 배향시켜 기능성을 갖게 하게 위한 초박막 제작기술 중 LB(Langmuir-Blodgett)법에 의한 유기초박막은 분자와 원자레벨의 매끄럽고 균일한 두께를 가지고 있으며 유기단분자의 구조제어가 비교적 간단해 최근 활발한 연구가 되고 있다.^{[1]-[5]}

따라서 본 연구에서는 나노스케일의 단분자레벨로 막 제어가 가능하다고 알려진 LB법에 의해 인지질계 단분자인 DMPC의 유기단분자막을 외부자극(압력)에 따른 상전이 현상과 변위전류를 측정하고 유전완화현상으로 물성평가를 하였으며 유전완화시간 τ 값과 점성계수 ξ 값과 같은 기초 물성값을 구할 수 있었다.

2. 실험

2.1 이론

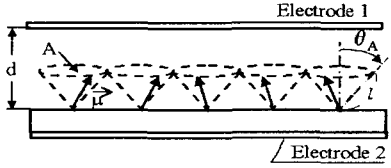


그림 1. 수면위의 분자모델

Fig. 1. Molecular model on water surface.

그림 1은 수면위의 유기 단분자의 모델을 나타내었다.

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

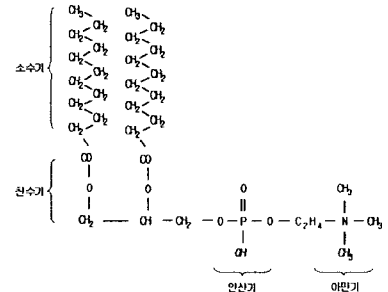
식 (2)와 같은 τ 는 유전완화 시간이다.

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

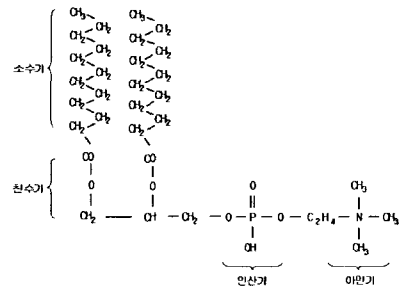
단분자의 유전완화 시간 τ 는 분자 면적의 함수로서 결정되어질 수 있다.

2.2 실험장치

그림 2는 본 연구에서 사용한 지질단분자의 분자구조이다. 알킬체인이 2개인 지방질의 수소기와 인산에스테르, choline기를 포함한 친수성의 양친매성 물질로 구성된 인지질계 분자인 DL- α -Dilaurylphosphatidylcholine(DLPC)와 milistroyl(DMPC)를 사용하였다. 인지질계 분자인 DLPC는 인산염 지르코린의 약어이고, DLPC의 D는 두개의 체인 L는 lauryl(12:0)로서 C12를 의미하고 DMPC의 M은 milistroyl(14:0)로서 C14를 의미하며 생체막의 구성분자로서 알려져 있다. 구성분자에 인지질계 분자를 가진 생체막은 연동성, 보식, 수송과 같은 단순한 기계적 기능에서부터 에너지 교환, 면역인식, 신경전달, 생합성과 같은 고도의 특이한 생화학적 과정에 도달하기까지 거의 모든 세포활동에 관여하고 있으며 체인의 길이, 체인의 수, 불포화도, 스테로이드 및 다른 부도매성 분자를 포함하고 있는 인산염 지르코린은 동물세포에 있어서 자주 볼 수 있는 지질중 하나이다.



(a) DLPC



(b) DMPC

그림 2. 분자구조

Fig. 2. Molecule structures

분자는 클로르포름을 용매로 하여 0.2 mmol/l의 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 스테인레스 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.

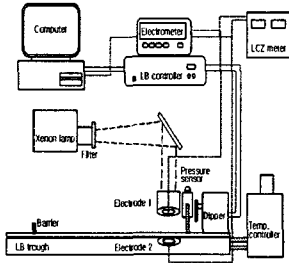
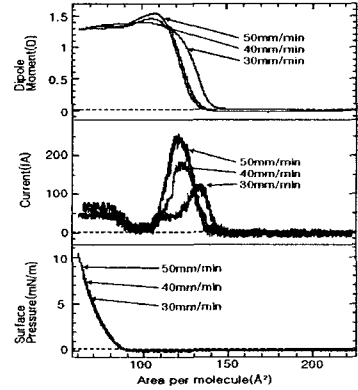


그림 3. 수면위 단분자막의 변위전류측정시스템
Fig. 3. Displacement current measurement system of monolayers films on water surface.

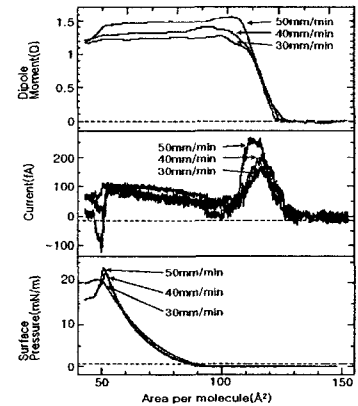
3. 결과 및 고찰

그림 4과 5는 DLPC, DMPC 유기단분자를 수면에 전개시킨 후 압력자극 속도에따라 낮은 압력과 높은 압력에서 barrier를 압축시켰을 때 분자점유 면적에 대한 표면압, 변위전류 및 쌍극자모멘트의 결과이다.

그림 4의 (a)는 DLPC의 비교적 낮은 압력에서 자격속도(30, 40, 50 mm/min)에 의한 변위전류의 발생지점을 관측한 실험 결과이다. 변위전류는 30 [mm/min]일 때 150[Å²], 40[mm/min]일 때 140[Å²], 50 mm/min일 때 138[Å²] 부근에서 발생하기 시작하였으며, 자격속도 30 mm/min 일



(a) 낮은 압력에서 결과



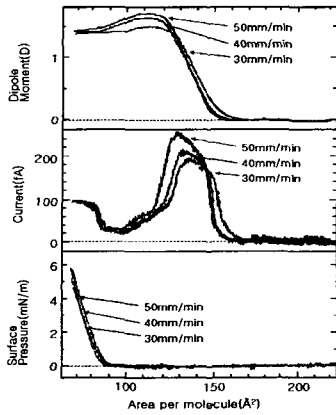
(b) 높은 압력에서 결과

그림 4. 베리어 압축시 π-A, I-A, D-A(DLPC)

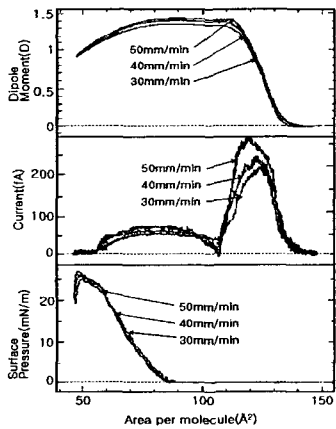
Fig. 4. π-A, I-A, D-A of barrier compress(DLPC)

때 134[Å²]부근에서 125 [fA], 40[mm/min]일 때 123[Å²]부근에서 190[fA], 50[mm/min]일 때 120[Å²]부근에서 260[fA]의 피크값이 나타났다.

그림 4의 (b)는 DLPC의 비교적 높은 압력에서 자격속도(30, 40, 50 mm/min)에 의한 변위전류의 발생지점을 관측한 실험 결과이다. 변위전류는 30 [mm/min]일 때 133[Å²], 40 [mm/min]일 때 131[Å²], 50[mm/min]일 때 132[Å²] 부근에서 발생하기 시작하였으며, 자격속도 30[mm/min]일 때 129[Å²]부근에서 160[fA], 40[mm/min]일 때 126[Å²]부근에서 220[fA], 50 [mm/min]일 때 122[Å²]부근에서 270[fA]의 피크값이 나타났다.



(a) 낮은 압력에서 결과



(b) 높은 압력에서 결과

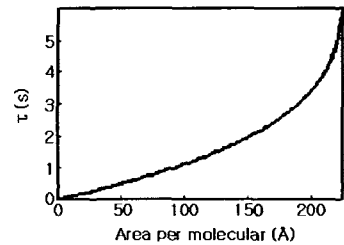
그림 4. 베리어 압축시 π -A, I-A, D-A(DMPC)

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

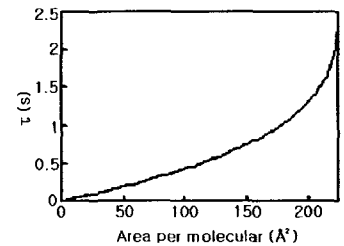
그림 5. (a)는 DMPC의 비교적 낮은 압력에서 자극속도(30, 40, 50[mm/min])에 의한 변위전류의 발생지점을 관측한 실험 결과이다. 변위전류는 30 [mm/min]일 때 170[A²] 40[mm/min]일 때 165[A²] 50[mm/min]일 때 160[A²] 부근에서 발생하기 시작하였으며 자극속도 30[mm/min]일 때 139[A²]부근에서 180[fA], 40[mm/min]일 때 132[A²]부근에서 220[fA], 50[mm/min]일 때 128[A²]부근에서 260[fA]의 피크값이 나타났으며 자극속도가 높을수록 변위전류의 최대값이 증가됨을 알 수 있었다.

그림 5. (b)는 DLPC의 비교적 높은 압력에서 자극속도(30, 40, 50[mm/min])에 의한 변위전류의 발생지점을 관측한 실험 결과이다. 변위전류는 30 [mm/min]일 때 141[A²] 40[mm/min]일 때 139[A²] 50[mm/min]일 때 138[A²] 부근에서 발생하기 시작하였으며 자극속도 30[mm/min]일 때 124[A²]부근에서 220[fA] 40[mm/min]일 때 122[A²]부근에서 245[fA] 50[mm/min]일 때 119 [A²]부근에서 300[fA]의 피크값이 나타났으며 낮은 압력에서와 마찬가지로 자극속도가 빠름에 따라 변위전류의 최대값이 커 감을 알 수 있었다.

그림 4, 5에서 변위전류가 최대값을 보이는 분자당 점유면적 A_m 과 배리어 속도 a 와의 관계에 의해 점성계수 ξ 를 구하면 각각 1.89×10^{-19} [Js], 0.722×10^{-19} [Js]이다.



(a) DLPC



(b) DMPC

그림 6. 유전완화시간

Fig. 6. Dielectric relaxation time

ξ 로부터 단분자의 유전완화 시간을 계산한 결과를 그림 6에 나타냈다. DLPC의 유전완화 시간은 150[Å²]에서 1.959[s], 100[Å²]에서 1.106[s], 50[Å²]에서 0.488[s]으로 나타났고, DMPC는 분자 점유면적 50[Å²]일 때 0.186[s], 100[Å²]일 때 0.422[s], 150[Å²]일 때 0.749[s], 200[Å²]일 때

1.316[s]의 시간이 소요됨으로 분자 영역에 의존하여 점유면적이 좁아짐에 따라 짧아지는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

수면 위 DLPC, 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 선형 관계가 주어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 선형 관계로부터 점성계수 1.89×10^{-19} [Js], 0.722×10^{-19} [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