

생체 박막의 상전이와 분자배열 특성

김병근, 전동규, 김영근, 구할본¹, 이우선², 이경섭³
동신대학교, 광주보건대학¹, 전남대학교², 조선대학교³

Phase Transition of Biology Thin Film and Molecule Arrangement Properties

Byung-Geun Kim, Dong-Kyu Chon, Young-Keun Kim¹, Hal-Bon Gu¹, Woo-Sun Lee², Kyung-Sup Lee³
Dongshin Univ, Kwangju Health College¹, Chonnam Univ², Chosun Univ³

Abstract

It is well known that the state of existence of molecules on the surface of water changes during compression of the molecules. Electric methods, such as measurement of the surface potential or displacement current are also useful for investigating dynamic changes of molecular state on the water surface during compression.

In this paper, We studied on the Bio thin film by Langmuir-Blodgett(LB) method. The Experiment method used displacement current, π -A isotherm and BAM(Brewster Angle Microscopy). using the BAM, we can to the molecular orientation of monolayer on the water surface and directly see the morphology of the films on water subphase as well as that of the films.

Key Words : Displacement current, π -A isotherm, BAM(Brewster Angle Microscopy)

1. 서 론

최근 유기재료를 이용한 초박막 기능성 소자의 연구가 활발히 이루어 지고 있는데, 그중에서도 Langmuir-Blodgett(LB)법을 이용한 유기박막은 분자수준에서 박막화가 가능하고 단분자 제어가 가능하여 각광을 받고 있으며 특히 유기분자를 이용한 디바이스와 센서, 광전소자등 기능성 소자로의 응용에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다¹⁻⁴.

수면위에 형성된 유기박막을 고체기판에 누착하여 전기전자 디바이스로 응용하기 위한 연구는 수면위에 전개된 유기분자들의 동적인 거동에 대한 물성을 평가하는 것이 선행되어야 한다.⁴⁻⁷

따라서, 본 연구에서는 생체재료인 PBLG와 PBDG를 이용하여 수면위에서 변위전류와 쌍극자 모멘트, 표면압을 검출하였으며 수면 및 수중상태와 표면압 측정법에서 구분할 수 없는 단분자막의 두께나 형태를 직접 시각적으로 분별할 수 있는

보다 정확한 단분자막의 물성을 평가할 수 있는 BAM(Brewster Angle Microscope)을 사용하여 도메인의 상태와 성장, 분자의 배향에 관한 정보를 직접 영상화하여 얻을수가 있었다.

2. 실험

2.1 이론

유기단분자를 수면위에 전개하여 외부자격을 인가하면 박막의 상태와 구조가 변화하는데 분자수 N과 쌍극자모멘트의 수직성분 m_z 의 변화량에 의해 전하 Q를 유기하고 유기된 전하가 시간에 의하여 변화할 때 변위전류 I는 식(1)과 같이 구할 수 있다.⁶⁻⁷⁾

$$I = -dQ/dt \\ = (S/d)(m_z dN/dt + N dm_z/dt) \quad (1)$$

여기서 S는 상부전극의 면적, d는 상부전극 1과 수면과의 거리, m_z 는 쌍극자 모멘트의 수직성분이다. 그림1은 BAM의 측정원리로서 빛이 굴절율이 다른 두 매질의 경계에 입사되면 입사각이나 편광 상태에 따라 반사율과 투과율이 달라지는데 이 과정을 일반화시킨 Fresnel 식이다.

스넬의 법칙에서 입사파와 반사파의 각은 같으므로 $n_1 \sin \theta_i = n_1 \sin \theta_r$ 에서 p-편광된 빛의 반사가 "영"인각을 θ_{Br} 이라하면 $n_1 \sin \theta_{Br} = n_2 \sin(\frac{\pi}{2} - \theta_{Br}) = n_2 \cos \theta_{Br}$ 이 성립된다. 따라서, Brewster각은 $\tan \theta_{Br} = n_2 / n_1$ 이 되어 두 매질의 굴절률이 결정되면 구할 수 있다.

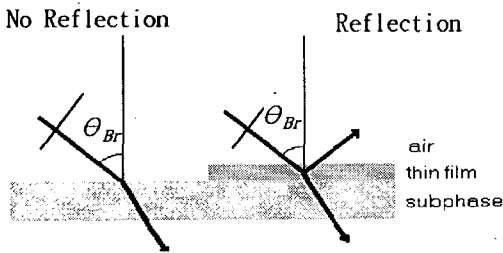


그림 1. Brewster angle
Fig. 1. Brewster angle

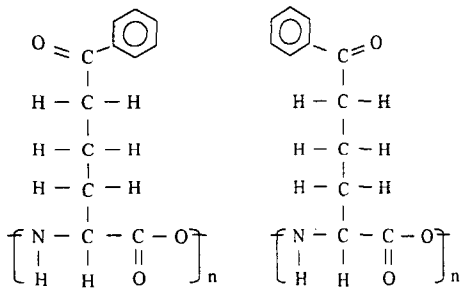


그림 2. PBLG 와 PBDG의 분자구조
Fig. 2. Molecule structure of PBLG and PBDG

그림 2는 본 연구에 사용된 PBLG(Poly-γ-Benzyl-L-Glutamate)와 PBDG(Poly-γ-Benzyl-D-Glutamate)의 분자구조이다. PBLG와 PBDG는

생체막내의 지질과 유사한 인공지질로서 지방질의 소수기와 Carboxyl(COOH)기를 갖는 친수기 물질로 구성되어 있으며 시료는 Chloroform용매로 사용하여 (1 mmol/l)농도로 조성하였으며 20°C, pH 6.0의 순수한 물에 전개시켜 측정하였다.

2.1 실험장치

그림 3은 본 연구에 사용된 측정장치이다. 상부전극(Electrode1)은 Shield처리된 ITO glass이며 트러프에 탈착이 용이하도록 제작하였고, 하부전극(Electrode 2)은 금선으로 수면내부에 설치하였다. 상부전극에서 검출된 변위전류는 전류계(Keithley 6517 electrometer)로 측정하였다. 변위전류 측정은 수면위에 시료를 전개한후 약 10분정도 유기단분자막의 안정시간을 유지한후 barrier의 속도를 40 mm/min로 압축하면서 20°C온도에서 측정하였으며 표면압의 변위에 따른 변위전류, 쌍극자모멘트를 측정하였으며 BAM(Nanofilm Technologie GmbH) 이미지를 관찰하였다.

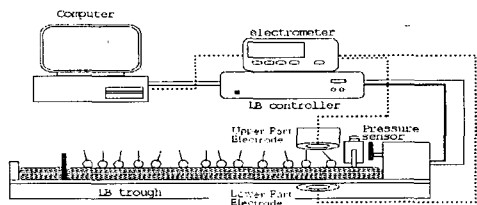


그림 3. 변위전류 측정장치
Fig. 3. Apparatus of displacement current measurement

3. 결과 및 고찰

그림 4와 그림 5는 PBLG 와 PBDG의 단분자를 수면에 전개시킨 후 Barrier를 40mm/min으로 압축하면서 20°C온도에서 측정하였을 때의 결과이다.

그림 4의 PBLG의 경우 분자의 점유면적은 30Å²~10Å²부근까지 압축하였으며 변위전류의 최대값은 약 160[fA]으로 검출되었으며 실험결과로 미루어볼 때 압축을 시작한후 변위전류의 발생형태는 쌍극자 모멘트의 변이형태와 잘 일치하였으며, 표면압은 약 22Å²부근에서 변화하였다.

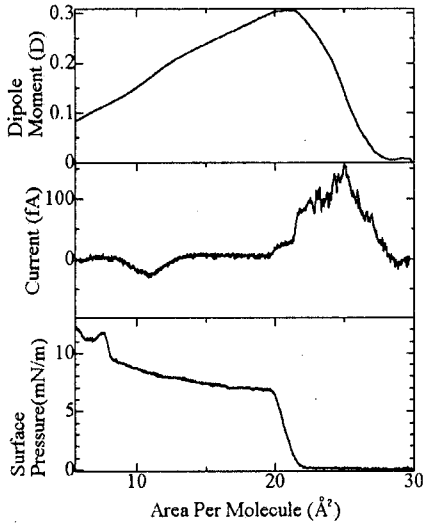


그림 4. PBLG의 표면압, 변위전류, 쌍극자모멘트의 변화

Fig. 4. Surface Pressure, displacement current, dipole moment of PBLG

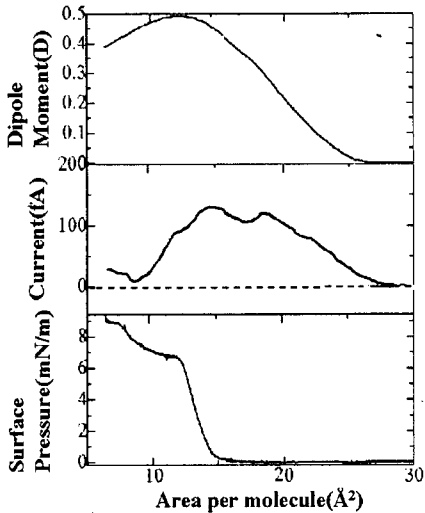
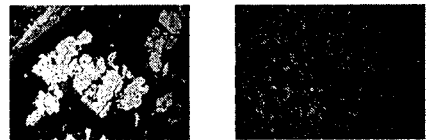


그림 5. PBDG의 표면압, 변위전류, 쌍극자모멘트의 변화

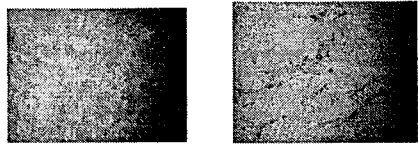
Fig. 5. Surface Pressure, displacement current, dipole moment of PBDG

그림 5의 PBDG의 경우는 분자의 점유면적을 PBLG와 같이 $30\text{\AA}^2 \sim 10\text{\AA}^2$ 부근까지 압축하였으며 변위전류의 최대값은 125[fA]로 검출되었으며 또한 표면압은 약 16\AA^2 부근에서 변화하였다. 표면압이 변화하지 않은 상태에서 변위전류와 쌍극자모멘트가 변화하는 기상상태와 변위전류 최대값 부근의 액상상태 및 고상상태의 확연한 상전이 현상이 나타남을 알 수 있었다. 또한 표면압은 약 16\AA^2 부근에서 변화를 볼 수 있었는데, 이는 단일 액상 상태로써 표면압이 증가해도 쌍극자모멘트는 거의 평형을 이루고 있는 분자의 배향이 일정하게 유지된 상태로 생각된다.



28\AA^2

25\AA^2

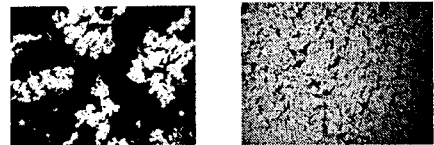


20\AA^2

12\AA^2

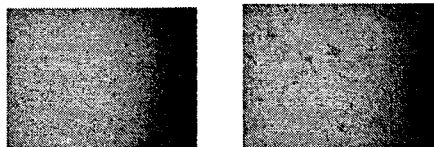
그림 6. PBLG의 BAM 이미지

Fig. 6. BAM Image of PBLG



28\AA^2

16\AA^2



13\AA^2

10\AA^2

그림 7. PBDG의 BAM 이미지

Fig. 7. BAM Image of PBDG

그림 6 과 그림 7은 수면위에 전개된 PBLG 와 PBDG의 분자의 BAM 이미지인데 이것은 표면압의 변화가 현저하고 상의 변이에 따른 도메인의 형상도 뚜렷해짐을 알수 있었다. 이는 단분자막이 압축되는 동안 boundary의 뚜렷한 꼬임의 발생으로 기인하고 막의 붕괴로 인해 P-편광된 빛의 난반사로 매우 밝아짐을 확인하였다. 표면압과 변위전류에서도 재현성이 아주 좋은 것으로 확인되었듯이 BAM 이미지의 관찰에서도 반복 실험에 대한 재현성은 아주 양호하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 생체재료인 PBLG와 PBDG를 이용하여 π -A isotherm, 변위전류, 쌍극자모멘트, BAM 이미지의 4가지 방법을 측정·고찰함으로써 수면상 단분자막에서 분자들의 거동을 보다 정확하게 이해할 수 있게 되었고 BAM 이미지를 통해 도메인의 상쇄와 성장, 분자의 배향에 관한 정보를 직접 영상화하여 얻을수가 있었다.

참고 문헌

- [1] O. Albrecht, H. Gruler and E. Sackmann, "Polymorphism of Phospholipid Monolayers," vol. 39, pp. 301-313, 1978.
- [2] G. Roberts, "Langmuir-Blodgett Films", Plenum, New York, 1990.
- [3] 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.
- [4] M. Iwamoto and Y. Majima, "Investigation of a Fatty acid Monolayer at the Air-Water Interface using a Current-Measuring Technique", *Thin Solid Films*, vol. 178, pp.67-72, 1989.
- [5] Y. Majima and M. Iwamoto, "A New Displacement Current Measuring System Coupled with the Langmuir-Film Technique", *Review of scientific instruments*, AIP, vol. 62, No. 9, pp.2228-2283, 1991.
- [6] Mitsunasa Iwamoto and Yutaka Majima, "Investigations of the dynamic behavior of fatty acid monolayers at the air-water interface using a displacement current-measuring technique coupled with the Langmuir-film technique", *J.Chem.Phys.*, Vol. 94, No. 7, 1 April 1991.
- [7] Mitsunasa Iwamoto, Yutaka Majima, and Haruhiko Naruse, "Generation of Maxwell displacement current from spread monolayers containing azobenzene", *J. App l. Phys.*, Vol. 72, No. 4, 15 August 1992.