

변위전류 측정기법에 의한 기수계면의 지방산 단분자막의 동적 거동에 관한연구

김동관 동신대학교 대학원 전기전자공학과
 이순형 동신대학교 대학원 전기전자공학과
 강용철 광주보건대학교 의공학과
 이상일 조선대학교 전기공학과
 김정석 조선대학교 전기공학과
 백순기 동신대학교 공과대학 환경공학과
 이경섭 동신대학교 공과대학 전기전자공학부

A Study on the Dynamics Behavior of Fatty Acid Monolayers at the Air-Water Interface by Current-Messuring Technique

D. K. Kim dept. of Electrical and Electronic Eng. Dongshin Univ. Grad.
 S. H. Lee dept. of Electrical and Electronic Eng. Dongshin Univ. Grad.
 Y. C. Kang dept. of Medical Eng. Kangju Health
 S. I. Lee dept. of Electrical Eng. Chosun Univ.
 C. S. Kim dept. of Electrical Eng. Chosun Univ.
 S. K. Back dept. of Environmental Eng. Dongshin Univ.
 K. S. Lee dept. of Electrical and Electronic Eng. Dongshin Univ.

Abstract - The dynamic behavior of fatty acid monolayers at the air-water interface was investigated using a displacement current-measuring technique coupled with the so-called Langmuir film technique and also the dipole moment of the acids was determined. The displacement current flowing through a short circuit was generated only when induced charges on an electrode flowing through suspended in air was changed by monolayer compression. The displacement current measurement was found to be a very sensitive method used for a better understanding of the relationship between the structure and function of the monolayers placed on the water surface and it was also found to be a very useful method for detecting the dynamic motion of molecules in the entire range from the so-called gaseous state to solid state at the same time. In the paper investigate fatty monolayer dynamic state and electric property character. As result, Displacement current generate higher nearly distance electrode and water surface. Also, Molecule behavior was found process active higher thermal.

$$Q = -N \frac{\mu_z}{d} + \epsilon \epsilon_0 (V - \Phi_s) s \tag{1}$$

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 I는 식(2)과 같이 상부전극에 유기된 전하량 Q를 시간t로 구하여 식(3)와 같이 나타낼 수 있다.

$$I = - \frac{dQ}{dt} \tag{2}$$

$$I(t) = \left(\frac{\mu_z}{d} \right) \frac{dN}{dt} + \left(\frac{N}{d} \right) \frac{d\mu}{dt} + \left(\frac{\epsilon \epsilon_0 s}{d} \right) \frac{d\Phi_s}{dt} \tag{3}$$

본 연구에서는 그림 1의 stearic acid ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$)를 사용하여 실험을 행하였으며 stearic acid는 지방산의 소수기(CH_3)와 친수기(COOH)의 양친매성 물질로 구성되어 있고 벤젠을 용매로 사용하여 0.2 mmol/l의 농도로 조성하였다.

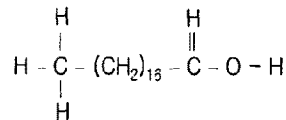


그림 1. stearic acid의 분자구조
 Fig. 1. Molecular structures of stearic acid

1. 서 론

기수계면 위에서의 유기 단분자막 물성 연구를 위해서 발생된 변위전류는 유기 단분자막의 압축동안에 전극에 유기된 전하량의 변화로부터 발생되어진다.⁽¹⁾⁻⁸⁾ 따라서, 본 연구에서는 기수계면 위에서 지방산 단분자막의 분자막을 형성하여, 수면위의 온도(20, 30, 40℃)와 상부전극과 수면과의 거리(1.0, 1.5, 2.0mm)를 각각 다르게 측정하여 유기단분자막의 동적인 거동을 연구하였다.⁽⁴⁾⁻⁸⁾

2. 본 론

2.1 실험

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

그림 2는 실험에 사용한 측정 장치이다. 전극 1(상부전극)은 면적이 45.6cm²의 원형 ITO glass를 사용하

여 스테인레스 스틸로 실패를 하였으며 트러프에 탈착이 용이하도록 하였다. 전극 2(하부 전극)는 금선을 사용하여 수중에 설치하였으며 전극 1과 수면과의 거리는 약 1mm와 1.5mm, 2mm로 조정하였다. 온도조절기의 작동에 의해 20(°C)와 30(°C), 40(°C)로 유지시켜 실험을 진행하였다. 지방산단분자를 수면에 균일하게 전개하여 안정될 때까지 10분간 기다린 후 Barrier의 속도를 40mm/min의 속도로 압축하였다.

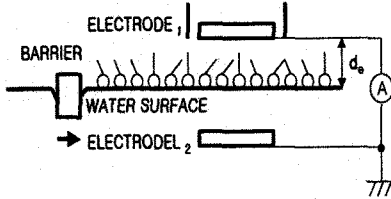


그림 2. 변위전류 측정장치

fig 3. Apparatus of displacement current measurement

2.2 결과 및 고찰

그림 3은 지질 단분자막을 40(mm/min)의 속도로 압축했을 때 변위전류의 파형이며 비교적 낮은 압력에서의 실험결과이다. 배리어 압축이 시작되었을 때 변위전류는 발생하지 않았고 분자의 점유 면적이 22(Å²)부근에서 표면압의 변화를 볼 수 있었으며 변위전류는 38(Å²)부근에서 발생하기 시작하였다. 영역 a는 기상 상태로 판단되어지며 이때 변위전류는 점차적으로 증가하고 거의 일정한 값으로 최대점이 108(fA)까지 도달하였다. 영역 b는 액상 상태로 전류 I는 표면압이 일어나기 시작했을 때 일정한 속로 감소하였다. c영역에서는 전류 I는 단분자막이 붕괴된 후 급증하였고, 액/고상이 혼재되었다고 볼 수 있으며 상전이의 π-A등온선의 예리한 변화를 볼 수 있었다.

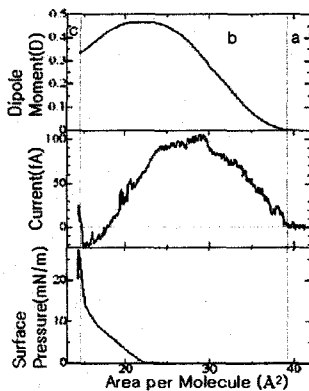


그림 3. 낮은 압력에서의 결과
Fig 3. Result in low pressure

그림4는 압축 과정에 있어서 비교적 높은 압력에서 표면압과 쌍극자모멘트, 변위전류의 관계를 나타낸 것이다. 분자의 점유면적을 25(Å²)에서 14(Å²)부근까지 압축하였으며, 변위전류의 최대점이 63(Å²)으로 관측되어 지는 것으로 보아 소수기 체인들의 상호작용이 크게 작용했으리라 생각한다.

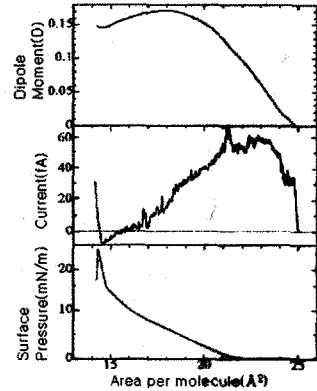


그림 4. 높은 압력에서의 결과
Fig. 4. Result in high pressure

그림은 5는 상부전극과 수면과의 거리 d를 각각 1.0, 1.5, 2.0(mm)로 조정하였을 때 변위전류 발생형태의 실험결과이다. 분자의 점유면적은 44(Å²)에서 27(Å²)까지 압축하였으며 수면과 전극 사이의 거리가 가까울수록 변위전류의 최대 값은 크게 나타남을 알 수 있었다.

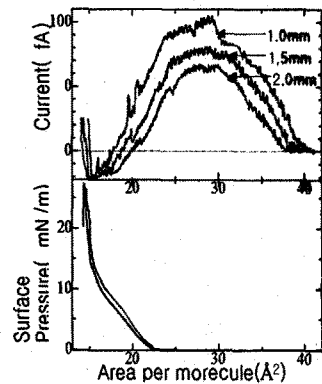


그림 5. 수면과의 거리에 따른 결과
Fig.5. Result according to distance water surface

그림6은 단분자막의 수면의 온도 변화에 의한 표면압의 특성(π-A)이다. 온도가 높아질수록 표면압에 대한 분자의 점유면적이 빨리 시작되는 것으로 보아 분자의 움직임이 온도에 비교적 민감하게 작용한다는 것을 알 수 있었다.

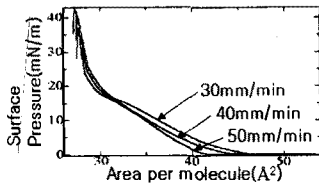


그림 6. 온도 변화에 따른 표면압의 결과
Fig 6. Result of surface pressure according to thermal change

3. 결 론

stearic acid. 지방산단분자막에 외부자격으로서 압력을 인가하여 표면압의 변이에 따른 쌍극자모멘트와 변위전류를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 수면과 전극거리에 따른 변위전류 측정의 최대값은 전극거리와 반비례 하였으며 이는 이론식과 잘 일치함을 알 수 있었다.
- (2) 수면의 온도를 가변하면서 압력자격을 인가시킨 결과 온도가 높을수록 표면압이 빨리 상승하는 것으로 보아 온도 상승에 따라 분자의 거동이 활발해진다는 것을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

[1] 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.
[2] 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.

[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(1993), 164-172.
[4] Yutaka Majima and Mitsumasa Iwamoto "Studies on the Dynamic Behavior of Fatty Acid Monolayer at the Air-Water Interface by a Current-Measuring Technique", Journal of Applied Phy. Vol. 29, No. 3, 1999, pp. 564-568.
[5] T. Kubota and M. Iwamoto, "Measurement fo displacement current across single momolayer with thermal stimulation", Rev. Sci. Instrumn, 64, pp.2627-2631, 1993.
[6] 이경섭 외3 "유기단분자막의 전극거리에 따른 전류 측정", 한국전기재료학회 춘계학술대회논문집, pp. 169-172, 1998.
[7] K. S. Lee, M. Iwamoto. "Maxwell Displacement Current across Phospholipid Monolayers at the Air/Water Interface", Journal of Colloid and Interface Science, 177. pp. 414-418, 1996{1}
[8] Y. Majima and M. Iwamoto, "Study of the Dynamim behavior of Stearic Acid Monolayer at the Air-Water Interface in the Range of Low Surface Pressure by a current-Measuring Technique" Journal of Applied Phy. Vol. 30, No1, pp. 2228-2283(1991).