

# Kuhn형 LB막 누적장치에서의 변위전류 측정

\* 송 경호\*, 박 태곤\*, 박 근호\*, 권 영수\*\*, 강 도열\*\*\*  
창원대학교\*, 동아대학교\*\*, 홍익대학교\*\*\*

## Measurement of the displacement current using Kuhn-type LB film apparatus.

\* K. H. Song\* T. G. Park\* K. H. Park\* Y. S. Kwon\*\* D. Y. Kang\*\*\*  
Changwon Univ.\* Donga Univ.\*\* Hongik Univ.\*\*\*

### ABSTRACT

There are many methods to investigate the physical properties of monolayers formed at the air-water interface. Among them, the displacement current method is appropriate for the investigation of the dynamic behavior of monolayers.

The measuring system of displacement current method was constructed at home-made Kuhn type LB deposition apparatus using aluminium plate electrode. The currents induced by the dynamic motion of molecules were measured when the molecules were pressed by barrier. To verify the measuring system, we used 4-octyl-4'-(5-carboxy-pentamethyleneoxy)-azobenzene molecules which has two remarkable variations of surface pressure of monolayer at the air-water interface.

We can detect the two peaks of displacement currents which shows that the orientations of molecules are changed greatly at the state of these two remarkable changes of surface pressure.

### 1. 서론

유기분자를 일정한 배열로 박막화 할 수 있는 Langmuir-Blodgett(LB) 누적법을 이용하여 제조된 유기초박막이 전자소자, 비선형 광학재료, 열전자소자 및 바이오 센서등의 기능성 소자에 응용이 가능함이 밝혀지면서, 전기전자 분야의 연구자들에게도 큰 관심을 불러 일으키고 있다. 이와 같은 LB막은 수면상에 전개된 단분자막(L막)이 그대로 고체기판상에 누적됨으로 수면상의 단분자 막의 분자구조와 그 물리화학적인 기초 물성의 연구가 선행되어야 우수한 박막의 제작이 용이하다. 이 성질을 관찰하는 방법에는, 표면압 측정법, 표면 전위법, 형광 현미경법, 변위 전류법 등 여러가지가 있으나 특히, 변위 전류법은 유극성 분자들로 이루어진 단분자막의 배향 변화 및 구조 변화를 전류로

감지할수 있는 측정법으로서, 최근 일본에서 개발되어 크게 그 효용성을 인정받고 있다. 또한 이 방법은 L막 또는 LB막에 가해진 자극이 전극간의 전류로 측정되며 측정기술의 개발이 바로 응용소자에 적용되는 장점을 가진다. [1]

본 연구에서는, Kuhn형 LB막 장치의 barrier를 가변속 이동시킬수 있는 장치를 자체제작하여, 수면상에 전개된 분자가 압력을 받기 시작한 이후의 분자들의 거동이 변위 전류로 어떻게 나타나는가를 측정 하였다.

### 2. 실험

#### 2.1. 측정장치의 구성 및 원리

본 시스템은 Kuhn형 LB막 장치, 차폐장치, barrier이동 장치 방진장치로 구성된다. 차폐장치는 aluminium판을 재료로 한 사각상자를 제작하여 접지선과 연결했으며 측정 전류함에 영향을 주지 않도록 +극 측정 lead선의 shield선에는 연결하지 않았다. electrometer(Keithley 617)에 의해 실제 측정되는 전류량은 매우 적기 때문에(fA) 차폐장치가 없이는 변위 전류 측정이 매우 어렵다. barrier 이동 장치는 DC motor를 변압하여 가변속 했으며 motor 축에 변속장치를 구축하여 barrier를 이동시켰다. 이동시 수면의 진동으로 인한 분자 배향 변화에 영향을 주지 않도록 무진동 평행이동에 주의를 요했다. 방진장치는 바다-고무판-테니스볼-고무판-실험책상-스폰지-합판-스폰지-합판-aluminium case의 순서로 구성되어 주위의 진동이 수면에 주는 영향이 최소가 되도록 하였다. 그리고 +극판은 9x4(cm)의 aluminium판(두께 0.85mm)을 사용했으며 수중의 -극은 금(Au)선을 대략 +극판 면적과 같이 나선형으로 감아 제작 설치하였다. 그리고 대전된 barrier가 근접하여 영향을 주는 것을 막기위해서 shield판을 제작하여 electrometer의 shield선에 접속하였다.

유극성 분자들이 수면상에 놓이면 공기를 절연층으로 하여 미소거리 이격되어 있는 상부전극에 식 (1)과 같은 전하가 유도된다.

$$Q_1 = - \frac{N}{d} m_z - \frac{\epsilon_0 S}{d} \Phi \quad (1)$$

여기서, N은 수면상의 분자중 상부전극 밑에 들어온 분자의 수,  $m_z$ 는 유극성 분자의 수직성분 쌍극자 모멘트, d는 수면과 상부전극간의 이격거리, S는 상부전극의 면적,  $\epsilon_0$ 는 진공의 유전율 그리고  $\Phi$ 는 수면의 표면전위이다.

수면상에 전개된 유극성 분자가 압력, 빛 등에 의해 자극을 받으면 변위전류 I가 양 전극간에 흐르게 된다. 식 (1)을 시간에 대해 미분하여 변위전류 I는

$$Q_1 = - \frac{N dm_z}{d dt} + \frac{m_z dN}{d dt} + \frac{\epsilon_0 S}{d} \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

와 같이 된다. 식 (2)에서 알 수 있는 바와같이 변위 전류는 분자배향의 변화(1항), 상부전극 밑의 분자의 수의 변화(2항) 그리고 수면의 표면전위의 변화(3항)에 기인한다. 그러나 배리어의 압력등에 의한 표면전위의 변화는 무시할 수 있으므로, 압력에 따른 변위전류는 주로 분자가 압력을 받아 전극 밑에 모여 그 수가 증가하는 성분과 수면상에 누워있던 소수기 부분이 수면에서 바로 서면서 수직성분 쌍극자 모멘트가 증가하는 것에 기인 함을 알 수 있다. [2][3]

## 2.2. 재료

수면상에 L막을 구성하는 재료로써 알킬쇄 중에 아조벤젠기를 갖는 8A5H 분자(4-octyl-4'-(5-carboxypentamethyleneoxy)-azobenzene)를 chloroform 용매에  $6 \times 10^{-4}$  M/L의 농도로 용해하여 사용하였다.

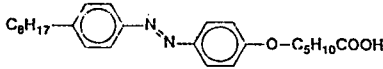


그림 1. 아조벤젠기를 갖는 8A5H의 분자구조

## 2.3. 실험 방법

그림 2와 같은 구조를 갖는 측정장치에 탈이온화된 순수 물을 측정수조내에 채우고 barrier를 전극에서 멀리하여 고정한뒤 (micrometer) - (테프론봉) - (전극1)로 구성된 + 전극판을 수평계로 수평을 맞춘후 전극2 위에 오도록 설치 고정한다. 측정용액을 수평면상에 전개한 후 약 5분이 경과하면, 용매인 chloroform은 모두 증발하고, 그림과 같이 분자들의 소수기 부분이 위로향한 형태로 수면상에 저밀도로 존재한다.

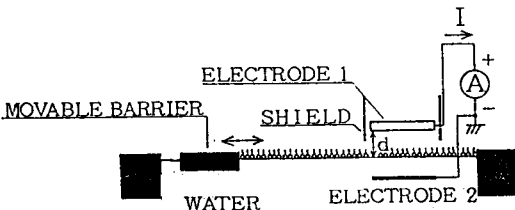


그림 2. 단분자막의 변위전류측정장치(Kuhn형)

전극1을 micrometer로 조정하여 수면위 1.5mm에 오도록 한다음, 차폐장치의 문을 닫고 electrometer가 안정된 후 barrier 이동 창치를 가동시켜 barrier가 수면의 진동을 극소화 한 상태로 이동하면 수면상의 분자들이 압축을 받아 두전극사이의 분자의 수가 증가하고, 또한 분자 배향의

변화로 쌍극자 moment의 변화가 생겨 변위전류가 흐르게 된다. barrier가 전극2의 Shield판 가까이에서 멈추도록 하면 변위전류는 흐르지 않는다. 측정된 변위전류는 electrometer와 컴퓨터의 A/D변환기에 의해 data로 기록되고 관찰 확인할 수 있다. [4][5][6] 그리고 barrier를 반대 방향으로 이동시켜 압축을 받아 변화를 일으킨 분자들이 압축이 해제될 때에는 어떤 거동을 보이는가도 측정할 수 있다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

그림 3은 측정에 사용한 8A5H분자가 순수수면상에 전개되어 가해진 압력에 따른 표면압의 변화를 측정한 그림이다. 이 분자는 분자의 점유면적이  $60 \text{ \AA}^2$ 전후인 영역에서 표면압의 증가가 완만한 영역을 갖는다. 이 영역을 전후하여 분자의 표면압 변화가 급격하므로 그 급격한 분자의 변화를 변위 전류법으로 측정하고자하였다.

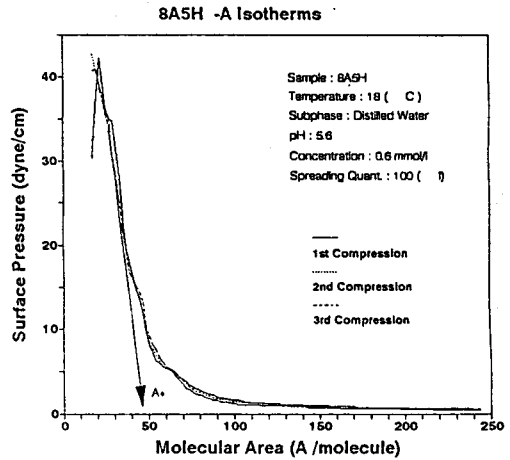


그림 3. 압력에 따른 표면압의 변화

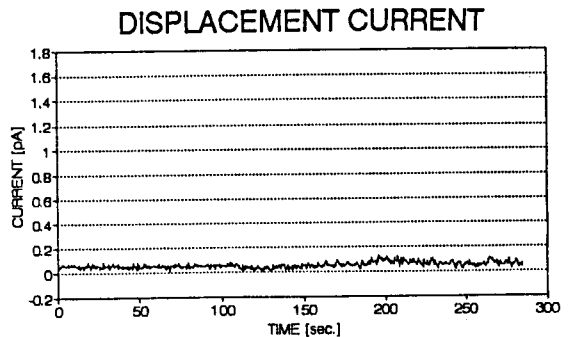


그림 4. 순수수면상의 barrier 이동에 따른 변위 전류

## DISPLACEMENT CURRENT (8A5H) 200[ $\mu$ mL]

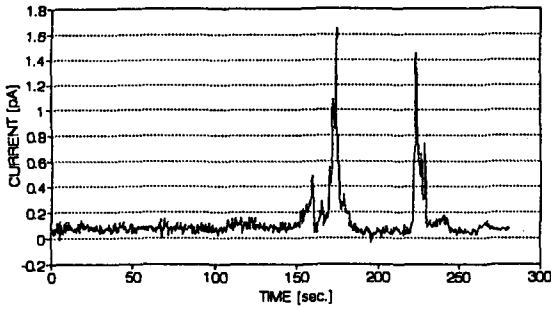


그림 5. 압력에 따른 변위 전류

그림 4는 수면상에 분자를 전개하지 않고 barrier를 이동시킨 경우의 변위 전류를 측정할 결과이며, 뚜렷한 전류 변화를 찾을 수 가 없다. 그림 5는 수면상에 8A5H분자를 200 [ $\mu$ L] 전개하고 barrier에 압력을 가하여 분자의 변화에 따른 변위 전류를 측정할 결과이다. 그림에서 barrier의 이동을 시작한 후 160초와 175초에 나타나는 +방향의 전류 피-크는 그림 3의 표면압 증가가 완만한 영역의 전후에서 일어나는 분자 변화에 의한 변위 전류로 사료된다. 이의 확인을 위하여 표면압의 변화가 단순한 stearic acid 등의 지방산 시료를 사용하면 단일 전류 피-크의 특성을 나타낼 것으로 예상된다. 실험을 통하여 본 장치로써 더욱 정확한 변위 전류를 측정하기 위해서는 수면 진동의 방지, 전극과 수면간격의 일정치 유지, 측정 시스템 및 전극 2의 차폐장치, 테프론 barrier의 정밀가공등이 요구 됨을 알 수 있었다.

## 4. 결론

Kuhn형 LB장치에 변위 전류 측정 시스템을 구축하고 그 측정 시스템의 정확도 확인을 위하여 순수수면상에서의 압력에 따른 표면압의 변화가 2단 변화의 특성을 갖는 시료를 사용하여 측정할 결과 분자 변화가 급격한 부분에서 나타나는 2개의 전류 피-크를 확인 할 수 있었다. 이상의 측정 결과로부터 자작한 Kuhn형 LB장치를 이용하여 변위 전류를 측정할 수 있고 측정 시스템을 표면압 변화 -변위 전류, 분자 점유 면적 변화 -변위 전류를 동시 측정이 가능하도록 개선하면 보다 분명한 수면상 단분자막에 의한 변위 전류 측정이 가능하다는 결론을 얻었다.

## 참고문헌

1. 권영수, 강도열, "신기능소자 개발의 행방(1), (2), (3), 전기학회지, 37권 8, 9, 11호, 1988

2. M. Iwamoto and Y. Majima, "Investigations of the Dynamic Behavior of Fatty Acid Monlayers at the Air-Water Interface using a Displacement Current-Measuring Technique Coupled with the Langmuir-Film Technique", J. Chem. Phys. 94, 7,  
3. 眞島豊, "變位電流計測システムの開發及ひ有機單分子膜の動的暴動に關する研究", 博士學位論文  
4. 박태근, 박근호, 송경호, "변위전류법에 의한 수면상 L막의 분자거동확인", MED'92 second Conference on Molecular Electronic Devices, December, 5, 1992  
5. 眞島豊, 金井裕一朗, 朴泰坤, 岩本光正, "變位電流法による單分子膜の光電流變換(4)", 일본 제52회 응용물리학회 학술강연회, 9pT/Ⅲ, 1991.9.9  
6. 박태근, 박근호, 권영수, 강도열, "수면상 단분자막의 거동에 의한 변위전류 측정", 1993