

## KUHN형 LB장치의 수면상에 전개된 단분자막의 변위전류 측정

Measurement of the Displacement Currents Induced by the Monolayers  
on the Water surface of KUHN Type LB Apparatus

박 태곤\*  
송 경호  
박 근호  
권 영수

창원대학교 전기공학과  
창원대학교 전기공학과  
창원대학교 공업화학과  
동아대학교 전기공학과

T. G. Park  
K. H. Song  
K. H. Park  
Y. S. Kwon

Dept. Electrical Eng. Changwon Natl. Univ.  
Dept. Electrical Eng. Changwon Natl. Univ.  
Dept. Tech. Chemistry Changwon Natl. Univ.  
Dept. Electrical Eng. Dong-A Univ.

### ABSTRACT

On this paper, the structural changes of molecules on the water surface were monitored by the measuring system of displacement currents. The measuring system was constructed at home-made Kuhn type LB(Langmuir -Blodgett) deposition apparatus. Solutions of 4-octyl-4'-(5-car boxy-pentamethyleneoxy) azobenzene molecules (8A5H) and stearic acid(C<sub>18</sub>) were spreaded at the air-water interface respectively, and the currents induced by the dynamic behavior of molecules were measured when the molecules were pressed by barrier. From C<sub>18</sub> molecules two distinct peaks of displacement currents were obtained, which show that the orientations of molecules were changed largely at these points. The reversibility of displacement currents by compression and expansion was obtained from 8A5H molecules, which shows the compressed molecules have a tendency to disperse after the compression. But it was not obtained from C<sub>18</sub> molecules which means that this molecules disperse not easily by decreasing the pressure of the barrier.

### 1. 서론

Langmuir-Blodgett film(LB막)의 제조기술은 오래전 부터 화학자들에 의해 연구되어 오던 분야이지만, 최근에는 전기전자 분야의 연구자들도 이에 대하여 많은 관심을 보이고 있다. 그 이유는 유기분자를 단분자막의 형태로 기판상에 부착하여 배향성이 우수한 초박막을 제조할 수 있으며, 합성기술과의 조합에 의해 다양한 기능성을 쉽게 부여할 수 있음이 알려졌기 때문이다. 또한 실리콘을 주로한 메모리 I.C.기술의 축적의 한계점이 곧 다가올 것을 예상 하면서 분자소자에 대한 연구의 필요성이 제시됨도 LB막 기술이 관심의 대상이 되는 요인의 하나이다. LB막은 기능성을 갖는 유기분자를 수면상에 전개하여 베리어로 적절한 압력으로 압축한 상태에서 기판상에 부착하여 만든다. 그러므로 기판에 옮겨지기 이전의 수면상에서의 분자의 특성이 LB막의 특성을 크게 좌우한다. 수면상 단분자막의 물리적 특성의 측정기술도 엘립소메트리법, 형광현미경법, 표면전위측정법 그리고 변위전류측정법등 다양한 방법들이 개발되어 있으며 최근에는 그 기술을 이용한 장치들이 상품화되어 수면상 단분자막을 원하는 형태로 제어하는 기술이 크게 발전되고 있다.

LB막의 응용에 대한 연구는 주로 냄새센서, 이온 센서, 효소센서, 개스센서 등의 다분자막을 이용한 바이오센서의 영역이 크게 진전되어 있으며, SHG를 이용한 전기광학소자와 광자극에 의한 분자구조변화를 이용한 분자메모리 소자에 대한 연구도 활발히 진전되고 있다. 특히 단분자층을 한 층씩 쌓을 수 있는 특징을 이용한 삼차원 I.C.의 제안도 나오고 있다.

본 연구는 수면상에 전개된 단분자층에 압력을 가하고 압력이 가해짐에 따라 수면상에 누워 있던 분자들이 수직방향으로 일어서며 서로 밀집되는 현상을 판전극을 통하여 흐르는 변위전류로 측정 하였다. 본 실험은 광자극에 의한 분자의 스위칭 및 메모리 현상을 전류로 측정하는 연구의 예비실험으로서 이 시스템이 안정되게 구축되면 광자극에 의한 수면상 분자의 거동을 전류로 확인 할 수 있으며, 기판상에서도 측정이 이루어진다면 광메모리 소자의 가능성을 제시할 수 있을 것으로 본다.

## 2. 실험

### 2.1 실험장치

Kuhn형 LB막 장치를 테프론(PTFE)을 이용하여 제작하고, 변위전류 측정 시스템을 구축하였다. 전류측정 시스템은 한쌍의 판전극과 고감도 전류계 (Keithley 617 electrometer)로 구성 하였다. 두개의 알루미늄 판전극을 수면의 상,하에 각각 수면에 평행하게 위치시키고 electrometer를 통해 두전극을 접속시켰다. 상부전극은 수면으로 부터 1[mm] 정도 이격된 거리에 떨어져 절연된 상태로 위치하며, 하부전극은 수중에 담그어 졌다. 각 전극의 면적은 36[cm<sup>2</sup>] 이고 상부전극과 수면과의 이격거리(d<sub>1</sub>)은 마이크로메타로 정밀 조정 하였다. 또한 상부전극은 주변 막장치로 부터의 간섭을 피하기 위하여 알루미늄 판으로 차폐하였고, 막장치와 전류측정 시스템 전체를 차폐상자에 넣어 외부잡음의 영향을 제거 하였다. 측정된 전류값은 A/D 변환 인터페이스 카드를 통하여 컴퓨터로 기록 하였다. 원래의 Kuhn형 LB장치는 베리어가 무게추에 의해 분자를 한방향으로 압축하게 되며 일정한 속도의 유지가 어려우므로, 본 실험에서는 한방향은 무게추에 의해 이동하고 한 방향은 모터에 의해 제어 되도록 하여 양방향 제어가 용이 하도록 구동장치를 개조 하였다.

### 2.2 실험재료 및 측정순서

스테아린산(CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>COOH)과 아조벤젠을 포함한 장쇄 지방산 4-octyl-4'-(5-carboxyl-pentamethyleneoxy)-azobenzene(8A5H)를 일본의 Dojindo Lab. Co.로 부터 구입하여 사용하였다. 전개용매는 클로로포름을 사용하였고 용액의 농도는 6x10<sup>-4</sup>M/l 로 하였다. LB막 장치의 수조는 탈이온수로 채웠으며 용액의 전개 5분 후 부터 베리어를 이동시켜 단분자막에 압력을 가했다. 압력에 따른 분자의 구조변화를 변위전류로 측정 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 용액의 양에 따른 변위전류

그림1은 수면상에 분자를 전개하지 않고 베리어를 이동시켰을 경우의 변위전류의 측정결과로서 수면과 상부전극간의 공기층이 절연층의 역할을 충실히 하고 있으며, 외부의 간섭이 큰 영향을 주지 않고 있음을 보여준다. 그림2와 그림3은 베리어로 C<sub>18</sub> 분자막을 압축 했을때 흐르는 변위전류를 측정한 결과이다. 분자를 압축하는 베리어의 속도를 일정하게 하였을때 분자의 전개량이 많은 경우는 변위전류의 흐름이 빠른 시간에 나타남을 알 수 있다. 이 결과는 분자의 전개량이 많을 수록 상부전극의 밑으로 모여드는 분자의 수가 많으며, 분자가 서로 밀집되어 수면에 수직인 방향으로 배향변화가 이루어 지는 시간이 일찍이루어 지고 있음을 보여 주고 있다. 8A5H에 대한 측정결과도 같은 현상을 나타내었다.

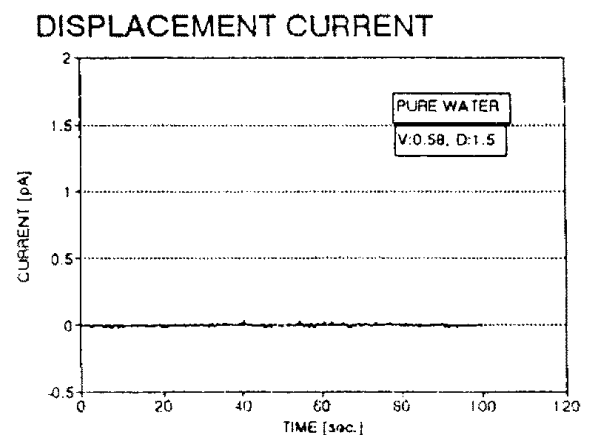


그림1 분자전개 이전의 변위전류

또한, 압축속도가 빠를 때에 전류 피크가 크게 나타났다. 이는 변위전류가 전하의 변화율 ( $i=dQ/dt$ )에 의해 발생됨을 보여주고 있다. C<sub>18</sub>분자의 경우에서도 동일한 결과가 얻어졌다. 이와 같은 결과들로 부터 변위전류의 측정에 의해 수면상 단분자막의 배향변화를 관측할 수 있으며 구축된 측정시스템의 효용성을 알 수 있었다.

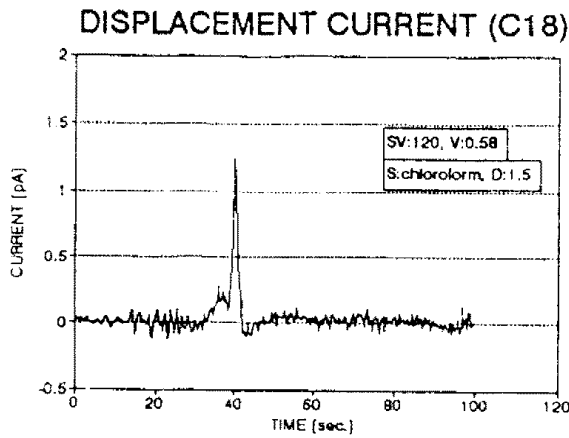


그림2 C<sub>18</sub> 분자막에 의한 변위전류  
(압축속도 : 0.58mm/sec.  
전개량 : 120  $\mu$ l)

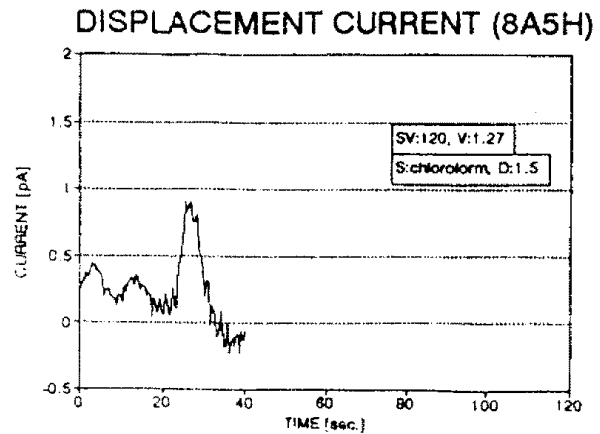


그림4 8A5H분자막에 의한 변위전류  
(압축속도 : 1.27mm/sec.  
전개량 : 120  $\mu$ l)

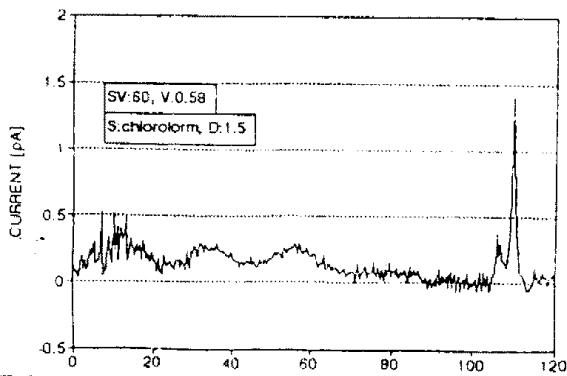


그림3 C<sub>18</sub> 분자막에 의한 변위전류  
(압축속도 : 0.58mm/sec.  
전개량 : 60  $\mu$ l)

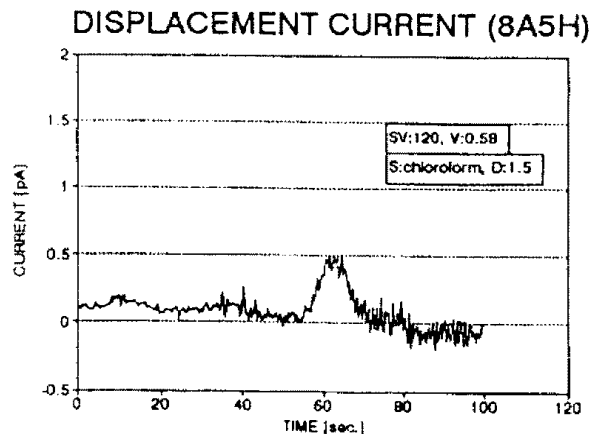


그림5 8A5H분자막에 의한 변위전류  
(압축속도 : 0.58mm/sec.  
전개량 : 120  $\mu$ l)

### 3.2 베리어의 속도에 따른 변위전류

그림4 와 그림5는 8A5H 분자의 전개량을 일정하게 하고 베리어의 압축속도를 변화시킨 경우의 변위전류의 측정결과이다. 이 경우에도 그림4와 같이 베리어의 속도가 빠를때에 상부전극하에 분자가 밀집되어 배향이 수직방향이 되는 시간이 빨라 전류의 흐름이 빨리 나타났다.

### 3.3 분자의 종류에 따른 변위전류

그림2와 그림4로부터 분자의 종류에 따라 측정된 전류 피크의 모양이 뚜렷하게 다를 수 있다. 그림2에서 C<sub>18</sub> 분자는 두개의 전류 피크를 보이고 있다. 이것은 압력이 가해짐에 따른 분자의 배향변화가 두개의 다른 형태로 이루어지며 피크의 부근에서 수직배향이 빠르게 이루어짐을 관측할 수 있다. 이에대 한 확인을 위하여 현재 압력에 따른 표면압의 변화를 전류측정과 동시에 할 수 있는 시스템을 구축 중이며 이를 통하여 전하량 및 쌍극자 모멘트의 계산 등 정량적인 해석이 이루어질 것으로 생각한다.

### 3.4 압축 팽창에 따른 변위전류

그림6과 그림7은 수면상의 분자막에 압력을 가한 후 베리어를 반대 방향으로 이동시켜 분자가 퍼질 수 있도록 압력을 제거한 경우의 변위전류의 측정결과이다. 그림6에서와 같이 베리어로 C<sub>18</sub> 단분자막을 압축한 경우 역시 +방향의 전류가 흘러 두개의 피크를 나타내었다. 그러나 반대방향으로 베리어를 이동시켜 압력을 낮추어 주어도 변위전류가 흐르지 않았다. 이 결과로부터 C<sub>18</sub> 단분자막이 일단 고체막을 형성한 이후 압력이 제거 되어도 서로 분산되지 않는 특성을 갖거나 압축시 나타나는 전류의 두번째 피크가 막이 파괴되는 것을 나타내어 압력이 제거 되어도 퍼지지 못하기 때문임을 예상할 수 있다. 이 또한 표면압의 동시측정으로 확인될 수 있다고 본다. 그러나, 8A5H 단분자막의 경우는 그림7과 같이 압축시 +전류와 팽창시 -전류가 가역적으로 측정되고 이현상을 수차례 압축 팽창을 반복하여도 계속 나타나므로 이 단분자막이 신축성을 보여주고 있음을 알 수 있다.

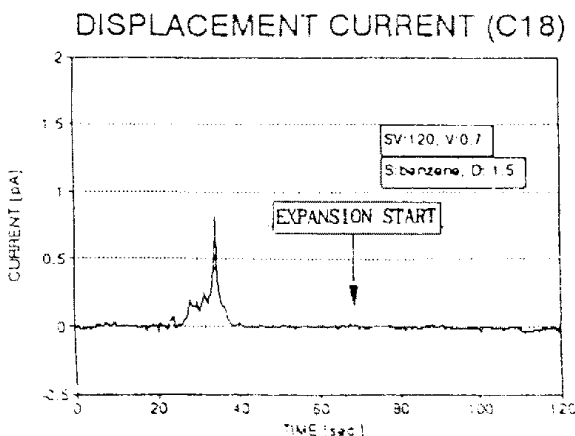


그림6 C<sub>18</sub> 분자막에 의한 변위전류  
(분자를 압축 시킨 후 다시  
반대 방향. 팽창 시킨)

### DISPLACEMENT CURRENT (8A5H)

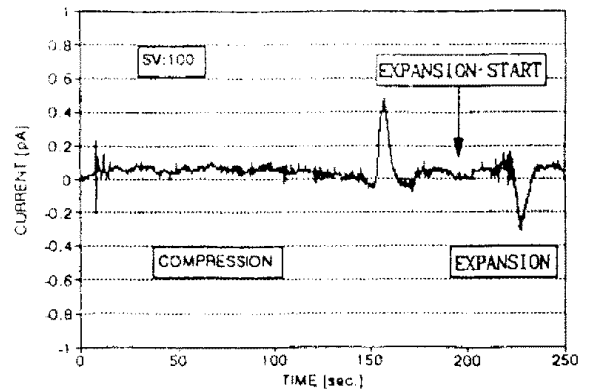


그림7 8A5H분자막에 의한 변위전류  
(분자를 압축 시킨 후 다시  
반대 방향으로 팽창 시킨)

### 4. 결론

Kuhn형 LB장치를 이용하여 변위전류측정 시스템을 구축하고 수면상 단분자막의 거동을 변위전류로 관측 하였다. 실험결과로부터 다음의 결론을 얻었다.

1. 베리어로 분자막을 압축할 경우 +전류가 흐르므로, 분자의 배향이 수면상에 서는 방향으로 바뀌며 상부전극의 밑으로 분자들이 밀집하여 분자의 쌍극자 모멘트의 수직성분이 상부전극에 가까워 짐을 알 수 있다.
2. 전하량이 많을 수록 전류가 흐르기 시작하는 시간이 빠르며, 분자막의 압축 속도가 빠를 수록 전류의 값이 커지므로 변위전류가 상부전극에 유기된 전하량의 변화율을 나타냄을 알 수 있다.
3. 압축과 팽창에 따른 변위전류의 측정 결과로부터 단분자막 형성 후 압력이 제거된 경우의 수면상 분자의 움직임을 측정 할 수 있다.
4. 상기 결과에 대한 정량적인 분석을 위해서는 표면압의 동시측정과, 상부전극과 수면과의 정확한 이격거리 유지 등의 보완이 필요하다.

### REFERENCES

1. M. Iwamoto and Y. Majima, *J. Chem. Phys.*, **94**, 5135 (1991)
2. Y. Majima and M. Iwamoto, *Rev. Sci. Instrumen.*, **62**, 2228 (1991)
3. Y. Majima, *PhD Thesis*, (TIT, Tokyo, 1992), P.109 (in Japanese)