

## 지방산과 인지질 혼합 유기초박막의 전기화학적 특성

최성현 · 손태철 · 송주영 · 박근호<sup>†</sup>

창원대학교 공과대학 화공시스템공학과  
(2006년 1월 12일 접수 ; 2006년 5월 29일 채택)

### Electrochemical Properties of Organic Ultra Thin Films of Fatty Acid and Phospholipid Mixture

Sung-Hyun Choi · Tae-Churl Son · Ju-Yeong Song · Keun-Ho Park<sup>†</sup>

*Dept. of Chemical Engineering, Changwon National University,  
Changwon 641-773, Korea*

*(Received January 12, 2006 ; Accepted May 29, 2006)*

**Abstract** : We investigated the electrochemical properties for Langmuir-Blodgett (LB) films mixed with fatty acid (8A5H) and phospholipid (DLPE, DMPC, and DPPA).

LB films of 8A5H monolayer and 8A5H-phospholipid mixture were deposited using the Langmuir-Blodgett method on the indium tin oxide(ITO) glass. The electrochemical properties measured using cyclic voltammetry with three-electrode system, an Ag/AgCl reference electrode, a platinum wire counter electrode and LB film-coated ITO working electrode at various concentrations(0.1, 0.5, and 1.0 mol/L) of NaClO<sub>4</sub> solution. A measuring range was reduced from initial potential to -1350 mV, continuously oxidized to 1650 mV and measured to the initial point. The scan rate was 50, 100, 150 and 200 mV/s, respectively. As a result, LB films of fatty acid and phospholipid (8A5H/DLPE and DPPA) appeared irreversible process were caused by only the reduction current from the cyclic voltammogram and LB film of 8A5H-DMPC mixture was found to be caused by a reversible oxidation-reduction process.

**Keywords** : Langmuir-Blodgett(LB) film, cyclic voltammetry, fatty acid, phospholipid, diffusion coefficient(D).

### 1. 서론

최근 산업용 전기전자 분야에서 처리해야할 정보의 길이 격변하고 양이 급증하면서 관련

전기전자기술이 급속하게 발달하고 있으며, 특히 소자의 대용량화, 고집적화, 박막화를 목표로 많은 연구개발이 이루어지고 있다[1-2]. 유기소재로 전자소자를 이용하기 위해서는 내구성, 안정성 및 기계적 강도를 해결해야 하는 문제점이 있지만, 유기분자에 기능성이 부여된다면 이러한 단점을 보완할 수 있을 것으로 기대

<sup>†</sup> 주저자 (e-mail : khopark@sarim.changwon.ac.kr)

된다. 분자를 집합체로 하여 분자의 기능을 활용하는 유기초박막에 대한 제작하는 방법은 분자의 배향·배열 제어와 박막의 두께 조절이 쉽고, 성막에 필요한 에너지가 작은 Langmuir-Blodgett(LB)법이 많은 연구자들에 의해 유기초박막 기술로 이용되고 있다[4-7]. LB 초박막은 분자 소자 등의 나노기술로서의 응용가능성이 확인되어지고 있으며, LB 초박막의 연구 분야로는 절연체, 도체, 반도체, 초전도체, 감광계, 표시소자, 메모리 소자, 비선형 광학소자 및 센서 등을 들 수 있다[8-10].

구조에 대한 연구는 아조벤젠 발색체가 안정적인 변화에 대해 자유공간 부족과 이온침투 때문에 cis-trans 광이성질화 현상과 전기화학적 산화-환원을 일으키기 위해서 만들어진 LB막에 강하게 집합되어 있고 폐쇄적으로 묶여 있다는 것을 보인다[11-12]. 생물화학공학의 분야에서는 LB막의 기본구조가 생체막과 유사하다는 것과 생체 물질과 같은 불안정한 물질도 LB법에 의해 비교적 용이하게 초박막으로 만들 수 있기 때문에 LB법은 생체 물질을 이용하거나 생체기능을 모방하는 기술의 하나로 기대할 수 있다. 또한 LB막은 전자공학 분야의 새로운 전자재료로서 가능하다[13-14].

Park[15]의 연구에 의하면 이런 단점을 보완하기 위하여 아조벤젠 단분자에 인지질을 도입함으로써 순수한 아조벤젠 단분자의 분자회합을 약하게 하여 보다 효율적인 광이성질화현상을 나타나게 하는 LB막에 대한 연구가 보고 되었다.

본 실험에서는 아조벤젠 회합물인 4-octyl-4'-(5-carboxypentamethyleneoxy)azobenzene (8A5H라)에 L- $\alpha$ -dilauroylphosphatidylethanolamine(DLPE)와 L- $\alpha$ -dimyristoylphosphatidylcholine(DMPC) 그리고 L- $\alpha$ -dipalmitoylphosphatidic acid(DPPA)를 각각 혼합하고 LB법으로 혼합 LB막을 성막하고, LB 초박막의 표면상태로 AFM을 통해 직접적으로 관찰하고, 전기화학적 특성을 조사하여 확산계수를 결정하여 고분자 전해질의 전기화학적 제반특성 및 전극과의 계면특성 분석 등에 활용가능성을 검토하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시약

본 실험에 사용한 시약 중 8A5H는 일본 (주) Dojindo에서 시험 연구용으로 구입하여 그대로 사용하였다. 친수성 amine기를 가진 DLPE와 choline기를 가진 DMPC 그리고 DPPA는 Sigma Chemical, Co.에서 제조한 것을 구입하여 정제하지 않고 사용하였다. 8A5H와 이들 인지질의 분자구조식은 Fig. 1에 나타내었다. 용매로 사용된 클로로포름은 Sigma -Aldrich에서 제조된 시약을 사용하였다. 전기화학적 특성에 사용한 전해질은 sodium perchlorate monohydrate ( $\text{NaClO}_4$ )로 일본 Junsei사에서 제조한 1급 시약을 사용하였다. 트리프 세척에 Junsei사의 N,N-dimethylformamide(DMF)와 아세톤 및 이소프로필 알콜 1급 시약을 각각 사용하였다. 그리고 LB막의 제막을 위하여 ITO glass의 친수성 처리에 사용한 시약으로 초자류 세척용인 Extran MA 01 alkalis 용액은 Merck에서 제조한 것을 사용하였고, 덕산약품(주)에서 제조한 수산화칼륨 1급 시약과 Junsei사에서 제조한 아세톤 및 에탄올 1급 시약을 사용하였다.

### 2.2. 장치

본 연구에서 사용된 LB제막 장치는 영국에서 제작된 NIMA Technology Langmuir-Blodgett Trough 611을 사용하였다. Fig. 8에 개략적인 LB제막 장치를 나타내었다. 단일 베리어(single barrier)를 갖춘 장치로 제막이 용이하며 표면압 센서가 부착된 트리프에 초순수를 채운 후, 기수 계면에 8A5H와 인지질 혼합 액을 수면상에 전개시킨다. 20분간 방치하여 용매를 휘발시킨 후 베리어를 80 mm/min의 속도로 3회 압축 및 확장을 통하여 제막압력을 결정한다. 본 제막 실험에서는 표면압력을 20 mN/m으로 일정하게 고정시키고, 디퍼의 속도를 2 mm/min으로 고정하였다. 단분자막을 제막하기 위하여 친수 처리된 ITO glass를 시료를 전개하기 전에 수면 속으로 침적시켜둔다. 시료의 전개 후 용매가 모두 휘발하였으면, 적정표면압력 하에서 디퍼를 상승시켜 Y-type의 LB 단층막을 제막한다. 이후, 막의 건조를 위하여 공기중에서 40분간 건조시킨다. 전기화학적 특성에 미국의 Bioanalytical Systems(model No. BAS 100B)를 사용하였다.

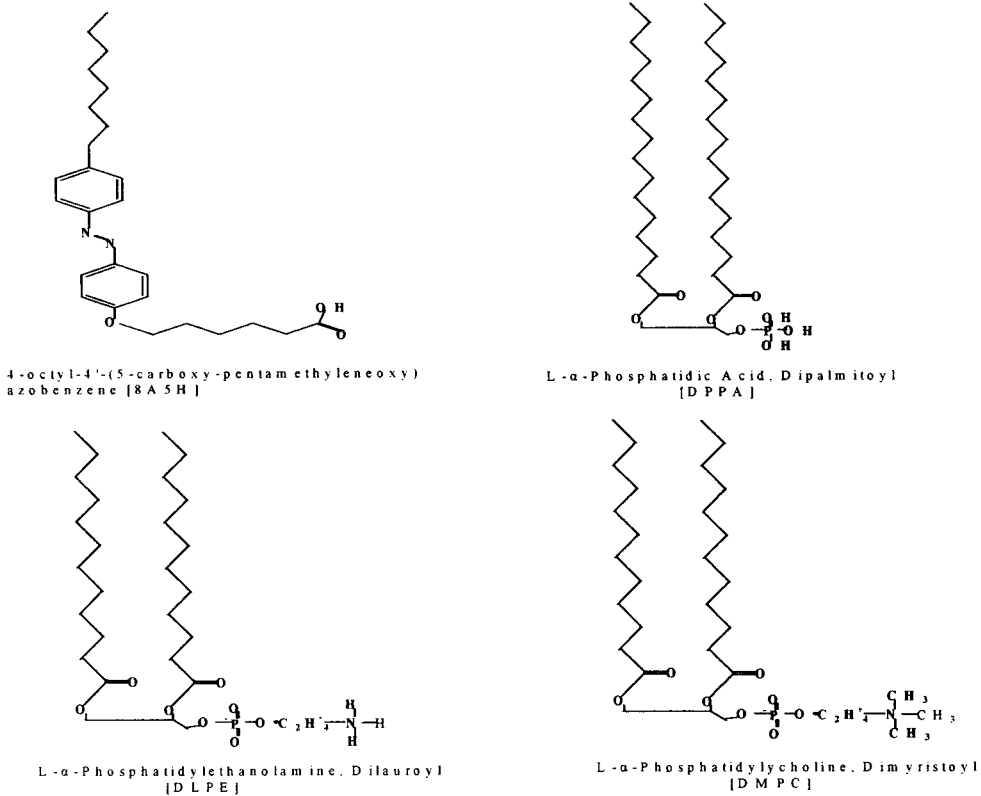


Fig. 1. Molecular structures of the 8A5H and the Phospholipid.

**2.3. 실험방법**

LB막의 제작을 위해 각각의 용액을 360nm광으로 30분간 조사한 후, 150  $\mu$ L를 취하여 수면상에 전개시킨다. 기판의 친수성 처리는 ITO 유리기판 (30 $\times$ 10 $\times$ 1mm)을 10% Extran 용액에서 초음파세척을 하였다. 또한, 기판표면을 KOH/Et-OH 포화용액으로 친수성 처리를 하여 제작에 사용하였다.

베리어로 수면상의 8A5H와 인지질 혼합용액의 단분자막을 3회 압축 및 확장을 반복한 후 친수 처리된 유리 기판을 일정속도로 상승과 하강을 통하여 Y-type의 LB막을 누적하였다.

LB막의 전기화학적 특성은 순환전압전류법(cyclic voltammetry, CV)을 측정하였다. 기준전극은 Ag/AgCl, 보조전극은 Pt선, 작업전극으로 ITO 유리로 3전극 셀 장치로 측정하였다. Indium Tin Oxide(ITO) 코팅유리는 삼성코닝에서 제공 것으로 두께 0.7mm, 150  $\Omega$ /cm<sup>2</sup> 이하, 300 A 이하, 투과도는 89 % 이상, 평면도 0.20 ~ 0.25  $\mu$ m/ 20mm을 사용하였다. CV 측

정 범위로는 초기 전압에서 시작하여 -1350 mV 까지 환원시켰다가 1650 mV까지 산화하였다가 초기전압으로 측정을 하였다. 측정된 LB막은 8A5H와 인지질의 혼합물에 따라 단분자막을 측정하였고, 주사속도 100mV/s에서 전해질 용액 농도별 0.1, 0.5 및 1.0 N NaClO<sub>4</sub>에서 측정하였고 전해질 0.1N NaClO<sub>4</sub>에서 주사속도별 50, 100, 150 및 200 mV/s에 대해 각각 측정하였으며, AFM을 통해 LB막 표면특성을 관찰하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1. 혼합 LB 막의 전기화학적 특성**

Fig. 2는 주사속도 100mV/s에서의 전해질 NaClO<sub>4</sub>의 농도 변화에 따라 8A5H와 인지질(DLPE)의 혼합비 1:1 단분자막의 순환전류 전압곡선을 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 전해질 농도를 0.1N, 0.5N, 1.0 N로 증가함에 따

라 임계 환원 전류가 각각  $-45 \mu\text{A}$ ,  $-48 \mu\text{A}$ ,  $-94 \mu\text{A}$ 으로 증가하는 것을 볼 수 있었고 1N 전해질 농도에서 임계 환원 전류가 급속히 증가하였고 오른쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있었다. 이는 전해질의 농도의 증가로 수용액 속에 이온 수의 증가로 전자 전달체가 많아질수록 임계 환원 전류가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

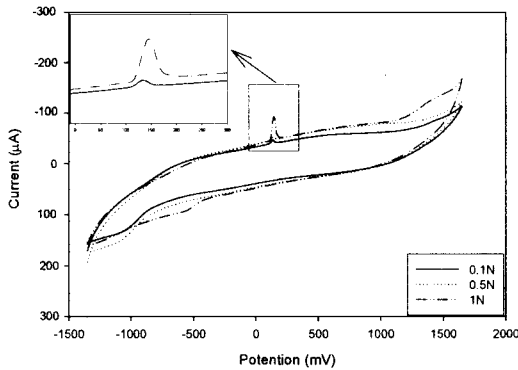


Fig. 2. Cyclic voltammograms for monolayer LB film of 8A5H- DLPE mixture (1:1) on an ITO electrode in  $\text{NaClO}_4$  solution at a variable concentration.

Fig. 3은 8A5H와 인지질 DPPA의 혼합비 1:1을 Fig. 2와 같은 조건을 순환전류 전압법을 측정하였는데, 임계산화 전류가  $-23 \mu\text{A}$ ,  $-80 \mu\text{A}$ ,  $-96 \mu\text{A}$ 을 나타내었고 임계 환원 피크가 오른쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있었다.

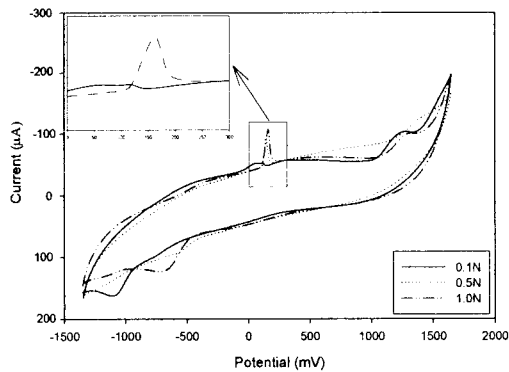


Fig. 3. Cyclic voltammograms for monolayer LB film of 8A5H- DPPA mixture (1:1) on an ITO electrode in  $\text{NaClO}_4$  solution at a variable concentration.

Fig. 4는 8A5H와 인지질인 DMPC의 혼합비 1:1인 단층막에 대해 주사속도가  $100 \text{mV/s}$ 로 전해질  $\text{NaClO}_4$ 의 농도 변화에 대한 순환전류 전압곡선을 나타낸 것이다. 전해질 농도를 0.1N, 0.5N, 1.0N으로 증가함에 따라 임계 환원 전류가  $-62 \mu\text{A}$ ,  $-178 \mu\text{A}$ , 및  $-198 \mu\text{A}$ 을 나타내었다. 8A5H에 DMPC를 혼합한 것이 다른 인지질을 혼합한 것보다 임계 환원 전류가 높은 값을 가지고 있다.

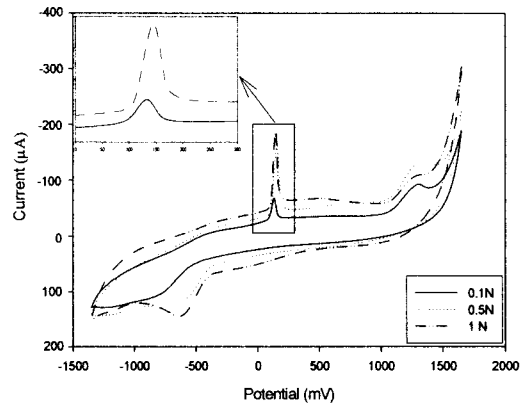


Fig. 4. Cyclic voltammograms for monolayer LB film of 8A5H-DMPC mixture (1:1) on an ITO electrode in  $\text{NaClO}_4$  solution at a variable concentration.

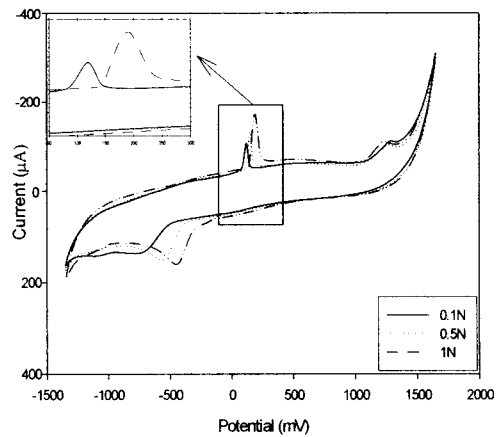


Fig. 5. Cyclic voltammograms for 3 layer LB film of 8A5H-DLPE mixture (1:1) on an ITO electrode in  $\text{NaClO}_4$  solution at a variable concentration.

Fig. 5는 8A5H와 인지질 DLPE의 혼합비 1:1 다층막에 대해 전해질 NaClO<sub>4</sub>의 농도 변화에 따른 순환전류 전압곡선을 나타낸 것이다. 그리고 주사속도는 100 mV/s로 고정하였다. 그림에서 보면 전해질 농도가 0.1N, 0.5N, 1.0N으로 증가함에 따라 임계환원전류가 각각 -110  $\mu$ A, -135  $\mu$ A, -178  $\mu$ A로 증가하는 것을 볼 수 있었고, 이는 전해질 농도의 증가가 수용액 속의 이온 수의 증가로 인해 전자 전달체가 많아졌기 때문이다. Fig. 6은 8A5H와 인지질 DMPC의 혼합비 1:1 다층막에 대해 전해질 NaClO<sub>4</sub>의 농도 변화에 대한 순환전류 전압곡선을 나타낸 것이다. 전해질 농도증가에 따라 임계환원 전류가 0.5N, 1N에서의 값이 각각 -110 $\mu$ A, -153  $\mu$ A, -193  $\mu$ A로 증가하는 것을 볼 수 있었고, 전해질 농도의 증가에 따라 오른쪽으로 이동하는 현상을 보였다. 또한 Fig. 4와 Fig. 6에서 보면 인지질이 DMPC인 경우 산화 및 환원전류 피크가 나타남을 알 수 있다.

Fig. 7은 8A5H와 인지질 DPPA의 혼합비 1:1 단분자막에 대해 순환전류 전압곡선을 나타내었는데, 전해질 농도의 증가에 따라 0.1N, 0.5N, 1.0N에서 값이 각각 -64  $\mu$ A, -108  $\mu$ A, -132  $\mu$ A,으로 증가하는 것을 볼 수 있었고, 전해질 농도의 증가에 따라 오른쪽으로 이동하는 현상을 보였다.

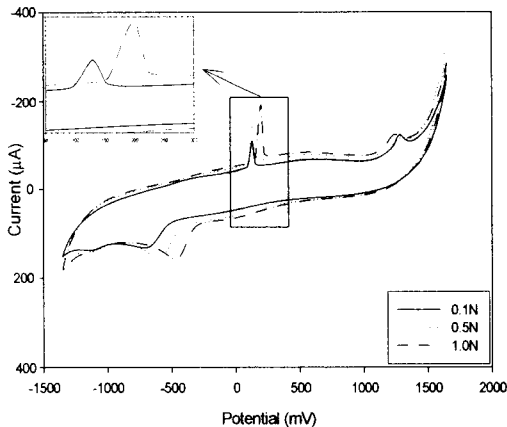


Fig. 6. Cyclic voltammograms for 3 layer LB film of 8A5H-DMPC mixture (1:1) on an ITO electrode in NaClO<sub>4</sub> solution at a variable concentration.

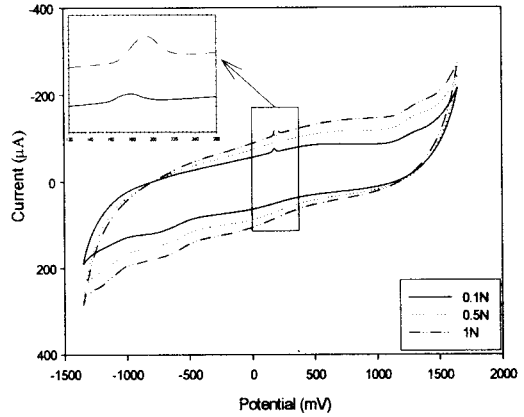


Fig. 7. Cyclic voltammograms for 3 layer LB film of 8A5H-DPPA mixture (1:1) on an ITO electrode in NaClO<sub>4</sub> solution at a variable concentration.

### 3.2. LB막의 주사속도별 전기화학적 특성

Fig. 8은 전해질 0.1N NaClO<sub>4</sub>에서 ITO 유리에 8A5H와 인지질 DLPE 혼합비 1:1의 단분자 LB막의 주사속도에 따른 -1350 mV에서 1650 mV까지 측정된 순환전류 전압 곡선을 나타낸 것이다. 순환전류 전압법에서 산화·환원적인 가역적인 반응이 일어나지 않았으며, 환원 피크는 나타나지 않았고 산화 전류만 나타내어 비

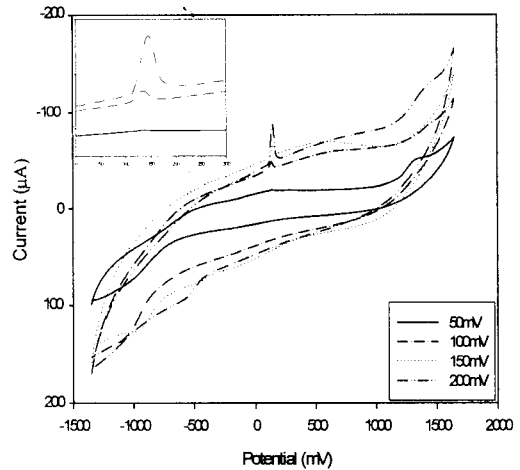


Fig. 8. Cyclic voltammogram for mono-layer LB film of 8A5H-DLPE mixture (1:1) on an ITO electrode in 0.1N NaClO<sub>4</sub> solution.

가역적인 반응이 일어난 것을 보였다. 주사속도 50, 100, 150 및 200 mV/s에 증가에 따라 임계 환원 전류가 각각  $-45 \mu\text{A}$ ,  $-56 \mu\text{A}$ ,  $-68 \mu\text{A}$ 로 전류 값이 커지는 것을 볼 수 있었다.

Fig. 9는 8A5H와 인지질 DMPC의 혼합비 1:1 단분자 LB막의 전해질 0.1N  $\text{NaClO}_4$ 에서 주사속도에 따른  $-1350 \text{ mV}$ 에서  $1650 \text{ mV}$ 까지 측정된 순환전류 전압곡선을 나타낸 것이다. 임계 환원 전류가 각각  $-62 \mu\text{A}$ ,  $-65 \mu\text{A}$ ,  $-140 \mu\text{A}$ ,  $-172 \mu\text{A}$ 로 나타나며 주사속도가 증가하면 할수록 임계 환원 피크가 증가하였다.

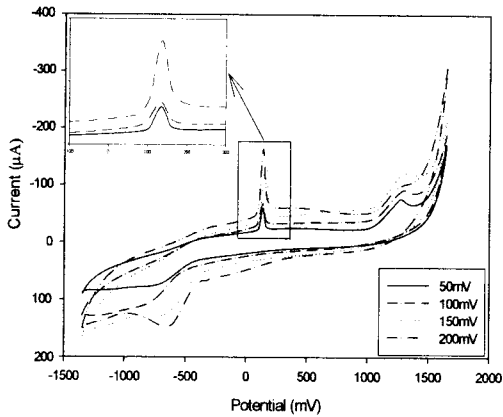


Fig. 9. Cyclic voltammogram for mono-layer LB film of 8A5H-DMPC mixture (1:1) on an ITO electrode in 0.1N  $\text{NaClO}_4$  solution.

Fig. 10에서는 지방산 8A5H와 인지질 DPPA의 혼합비 1:1 단분자 LB막의 전해질 0.1N  $\text{NaClO}_4$ 에서 주사속도에 따라 임계 환원 전류가 증가하였는데 각각  $-23 \mu\text{A}$ ,  $-48 \mu\text{A}$ ,  $-59 \mu\text{A}$ ,  $-72 \mu\text{A}$ 임을 알 수 있었다. Fig. 11은 전해질 0.1N  $\text{NaClO}_4$ 에서 ITO 유리에 8A5H와 인지질 DLPE의 다층 혼합 LB막의 주사속도에 따른  $-1350 \text{ mV}$ 에서  $1650 \text{ mV}$ 까지 측정된 순환전류 전압곡선을 나타낸 것이다. 8A5H는 cis-trans 형태로 광이성질화 현상이 잘 나타났으며, 다른 여러 가지 물성 및 특성이 증명된 바 있다. 순환전류 전압법에서 가역 산화·환원 반응이 일어나지 않고, 환원 전류만 나타나어 비가역적인 반응이 일어난 것을 보였다. 주사속도가 50, 100, 150, 200mV/s로 증가함에 따라 임계환원

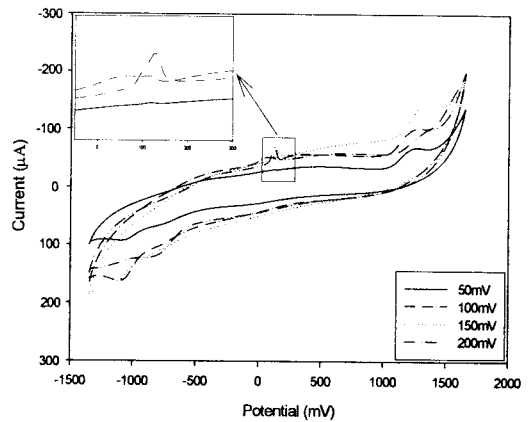


Fig. 10. Cyclic voltammogram for mono-layer LB film of 8A5H-DPPA mixture (1:1) on an ITO electrode in 0.1N  $\text{NaClO}_4$  solution.

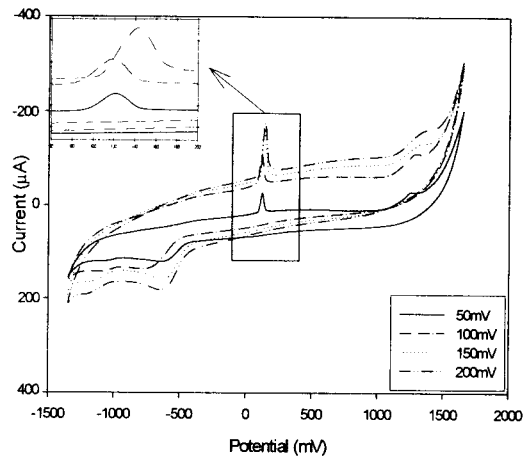


Fig. 11. Cyclic voltammogram for 3 layer LB film of 8A5H-DLPE mixture (1:1) on an ITO electrode in 0.1N  $\text{NaClO}_4$  solution.

전류가 각각  $-30 \mu\text{A}$ ,  $-110 \mu\text{A}$ ,  $-160 \mu\text{A}$ ,  $-180 \mu\text{A}$ 로 전류 값이 커지는 것을 볼 수 있었다. 그리고 임계 산화 전위가 오른쪽으로 이동하면서 증가하는 것을 볼 수 있었다. Fig. 12는 8A5H와 인지질 DMPC의 혼합비 1:1 단분자 LB막의 전해질 0.1N  $\text{NaClO}_4$ 에서 주사속도에 따른  $-1350 \text{ mV}$ 에서  $1650 \text{ mV}$ 까지 측정된 순

환전류 전압곡선을 나타낸 것이다. 주사속도가 50, 100, 150, 200 mV/s로 증가함에 임계 산화 전류가 -108  $\mu$ A, -157  $\mu$ A, -160  $\mu$ A, -189  $\mu$ A로 전류 값이 커지는 것을 볼 수 있었고 주사속도가 증가할수록 오른쪽으로 이동하는 현상을 나타내었다.

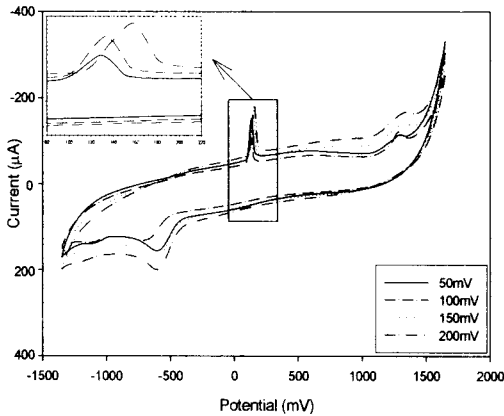


Fig. 12. Cyclic voltammogram for 3 layer LB film of 8A5H-DMPC mixture (1:1) on an ITO electrode in 0.1N NaClO<sub>4</sub> solution.

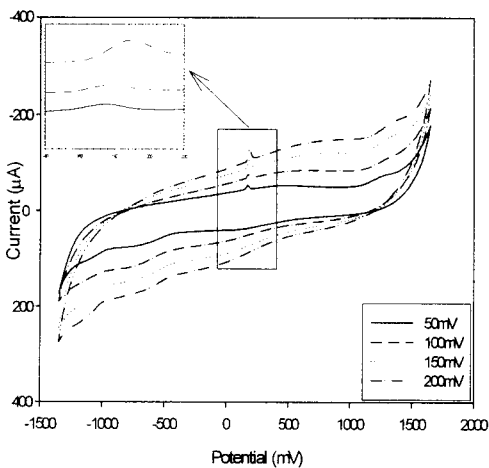


Fig. 13. Cyclic voltammogram for mono-layer LB film of 8A5H-DPPA mixture (1:1) on an ITO electrode in 0.1N NaClO<sub>4</sub> solution.

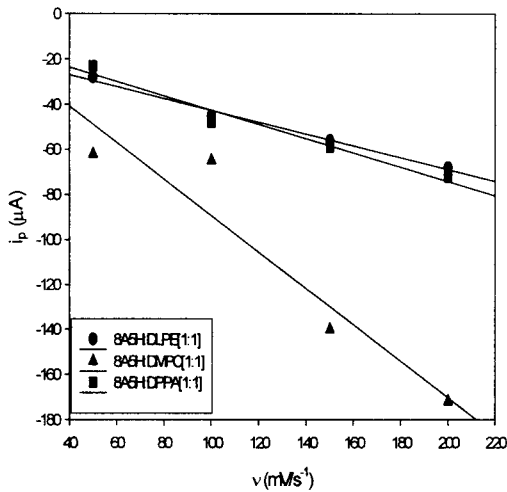
Fig. 13에서는 8A5H와 인지질 DPPA의 혼합비 1:1 단분자 LB막의 전해질 0.1N NaClO<sub>4</sub>에서 주사속도에 따른 -1350 mV에서 1650 mV까지 측정된 순환전류전압곡선을 나타낸 것이다. 주사속도가 50, 100, 150, 200 mV/s로 증가함에 따라 임계산화전류는 -50  $\mu$ A, -72  $\mu$ A, -104  $\mu$ A, -124  $\mu$ A로 전류 값이 커지는 것을 볼 수 있었다.

**3.3. 지방산과 인지질 혼합LB막의 확산계수**

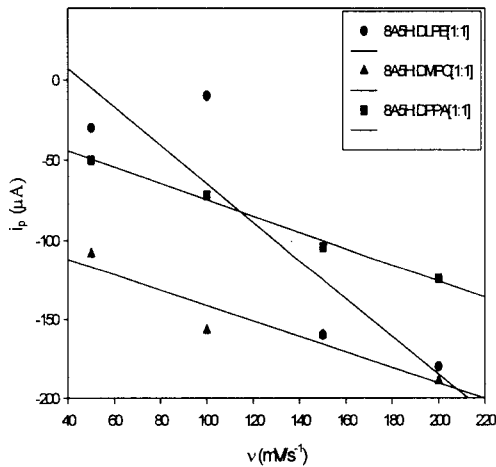
아조벤젠기를 가진 8A5H에 인지질인 DLPE, DMPC 그리고 DPPA의 혼합물의 LB막에 대한 전기화학적 특성이 비가역적인 환원반응임을 나타내었다. 비가역적인 반응계에서 전류  $i$ 는 (7)에 의해 구할 수 있다. 그리고 곡선의 극대값을 가지는  $i_p^{irrev} = 299n(an_a)^{1/2}AD_0^{1/2}v^{1/2}C_0^*$ 이다[16, 17]. 여기서  $i_p$ 를 주사속도  $v^{1/2}$ 에 대해 plot하여  $299n(an_a)^{1/2}AD_0^{1/2}v^{1/2}C_0^*$ 에 기울기 값을 이용하여 확산계수  $D$ 를 구한다. 전자 1개가 LB막 물질에 분자 하나에 전달하여  $n=1$ 이라고 가정하고 계산을 하였다. Fig. 14에서 (a)와 (b)는 8A5H에 인지질인 DLPE, DMPC, 그리고 DPPA를 도입하여 단층막 및 다층막의  $i_p$

Table. 1. Diffusivity (D) for The LB Film of 8A5H-Phospholipid Mixture

LB films	average ana	D1/2 x104	D [cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]
8A5H:DLPE [1:1] 1Layer	-1.9370	620	0.1240
8A5H:DLPE [1:1] 3Layer	-0.7950	969	0.1938
8A5H:DMPC [1:1] 1Layer	-0.8715	925	0.1850
8A5H:DMPC [1:1] 3Layer	-0.6255	677	0.1354
8A5H:DPPA [1:1] 1Layer	-1.8891	628	0.1256
8A5H:DPPA [1:1] 3Layer	-0.6214	751	0.1502



(a) Monolayer



(b) Three layers

Fig. 14. Plot of  $i_p$  vs  $v^{1/2}$  of 8A5H and Phospholipid Mixture LB Films.

를 주사속도  $v^{1/2}$ 에 대한 그림을 나타낸 것이다. 단층막인 (a)에서는 8A5H:DLPE (1:1)와 8A5H:DPPA(1:1)는 주사속도에  $i_p$ 가 일정하게 증가하여 좋은 기울기를 나타내었지만 8A5H:DLPE에서는 주사속도에  $i_p$ 가 불규칙으로 증가하는 현상을 보였다. 다층막인 (b)에서는 8A5H:DPPA(1:1)가 주사속도가 일정하게 증가

하여 좋은 기울기를 보였지만 나머지는  $i_p$ 가 불규칙으로 증가하는 현상을 보였지만 단분자 및 다분자 모두 비가역 환원반응의 확산계수를 나타내었다. 그리고 위식을 이용하여 확산계수를 Table 1에 나타내었는데 8A5H와 DLPE 및 DPPA혼합막은 1층막에서 보다 3층막에서 더 큰 확산계수를 나타내었지만 DMPC(1:1)혼합막은 오히려 1층막보다 3층막의 확산계수가 더 작았다.

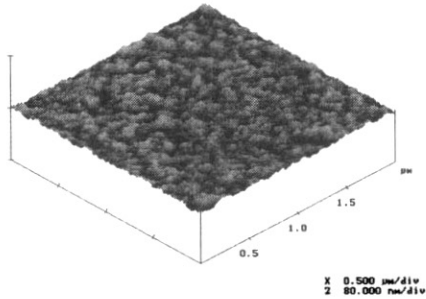
### 3.4. 혼합 LB 단층막의 AFM이미지 측정

친수처리한 유리기판에 8A5H와 인지질의 혼합 LB막으로 제작되어진 표면을 AFM으로 관찰하였다. 이때 상의 크기는  $2 \times 2 \mu\text{m}$  scale로 하였다.

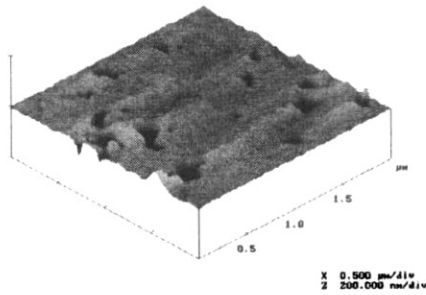
Fig. 15는 8A5H와 인지질들의 혼합 LB막의 표면을 AFM으로 관찰하여 3차원 이미지로 나타내었다. (a)는 친수 처리한 유리기판의 표면을 보여주고 있다. 3차원 이미지에서는 주사속도 1.001 Hz로 주사하여 측정하였는데 4.443 nm 정도의 굴곡을 가지고 있으며 아주 거친 것을 알 수 있다. 유리기판의 표면을 관찰해보면, 윗부분의 vertical distance는 33.461nm인 것을 알 수 있었고, 아랫부분의 vertical distance는 15.834nm임을 알 수 있다. (b)에서는 8A5H와 DLPE의 혼합 LB막의 표면을 주사속도 1.969로 하였으며, 이곳에서 나타난 굴곡은 8.975nm임을 알 수 있다. 유리기판에 비해 표면이 매끄러운 형태를 보이고 있는데 hole이 많이 나타나고 있다. 이것은 친수 처리하는 과정에서 문제가 있었거나 제작하는 과정에서 유리기판에 이물질로 인해 hole이 생긴 것으로 생각된다.

그림에서 보면 윗부분의 vertical distance가 7.843nm를 나타내고 있고 아랫부분의 vertical distance는 81.651nm를 나타내고 있다. 아랫부분에서 유리기판의 두께를 빼면 약 50nm 정도가 제작되어진 막 두께를 알 수 있다. 그리고 (c)는 8A5H와 DMPC의 혼합 LB막의 표면을 주사속도 1.969 Hz로 하여 AFM을 관찰하여 나타내었다. 막 표면의 굴곡이 1.714nm로 표면이 아주 고르게 나왔으며 윗부분의 vertical distance가 6.436nm, 아랫부분의 vertical distance는 8.815nm를 나타내고 있다.

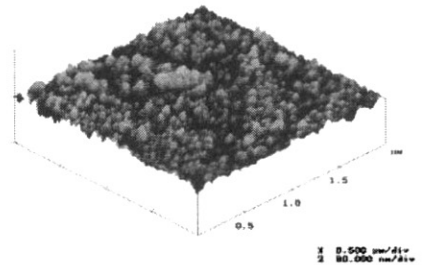




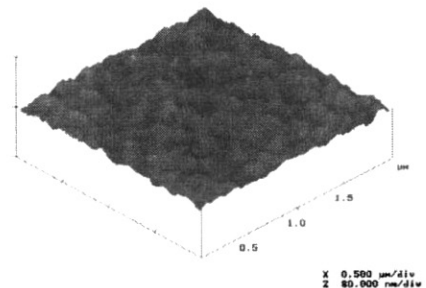
(a) glass plate



(b) LB film of 8A5H and DPPA mixture



(c) LB film of 8A5H and DPPA mixture



(d) LB film of 8A5H and DPPA mixture

Fig. 15. AFM images of mixed fatty acid and phospholipid LB films ( $2 \times 2 \mu\text{m}$ ).

또한 (d)는 8A5H와 DPPA의 혼합 LB막의 표면을 주사속도 1.001Hz로 하여 AFM을 관찰하였다. 막표면이 3.127nm로 LB막이 제막되어진 것으로 생각되며, 윗부분의 vertical distance가 17.637nm, 아랫부분의 vertical distance는 18.737nm여서 대체적으로 유리기판에 LB막이 잘 제막되어진 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

아조벤젠기를 가진 지방산인 8A5H에 인지질을 도입하여 여러 가지 LB막의 전기화학적 특성을 조사한 결과에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ITO 전극의 순환전류전압곡선으로부터 가역적 산화·환원반응을 나타냄을 알았으며, 이와 반대로 ITO 위에 LB법에 제막된 8A5H와 인지질 혼합물들은 비가역 환원반응만 나타내는 전기화학적 특성을 알 수 있었다.
2. 혼합 LB막들은 전해질 농도와 주사속도가 증가하면 할수록 임계 환원 전류가 커지는 것을 알 수 있었다.
3. AFM이미지로부터 유리기판이 거친 것을 알 수 있었고, LB 초박막은 시료가 표면전체에 걸쳐 물질들이 일정하게 잘 배열되어 있음을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2004년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Y. M. Majima, Y. Kanai, and M. Iwamoto, Maxwell Displacement Current Generation due to Trans-cis Photoisomerization in Monolayer Langmuir-Blodgett Film, *J. Appl. Phys.*, 72, 1637 (1992).
2. W. S. Kim, K. I. Chung, C. Y. Kim, D.

- W. Park, and Y. K. Choi, Electrochemical Method for Determining the Kinetic Parameters of Rancidity in Linoleic Acid, *J. Ind. Eng. Chem.*, 10, 614 (2004).
3. X. Zhai and J. M. Kleijn, Molecular Structure of dipalmitoyl phosphatidylcholine Langmuir-Blodgett Monolayers studied by Atomic Force Microscopy", *Thin Solid Films*, 304, 327 (1997).
  4. G. Caminati, C. Focardi, and G. Gabrielli, Spectroscopic Investigation of Tetracycline Interaction with Phospholipid Langmuir-Blodgett Films, *Materials Science and Engineering*, 22, 301 (2002).
  5. T. Manaka, D. Shimur, and M. Iwamoto, Determination of Dipole Moment of Azobenzene Dendroimer by Maxwell Displacement Current Measurement for Langmuir Monolayer, *Chemical Physics Letters*, 355, 164 (2002).
  6. B. J. Lee, Preformed Polymer Langmuir-Blodgett Films. *Polymer Science and Technology*, 3, 489 (1992).
  7. M. C. Petty, M. R. Bryce, and D. Bloor, An Introduction to Molecular Electronics, Centre for Molecular Electronics, University of Durham, UK p220, (1995).
  8. X. B. Xu, Y. Majima, and M. Iwamoto, Molecular Switching in Phospholipid-azobenzene Mixed Monolayers by Photoisomerization, *Thin Solid Films*, 331, 239 (1998).
  9. K. H. Park, and J. Y. Song, "A Study on the Displacement Current of Fatty Acid and Polymic Acid Mixture, *J. Ind. Eng. Chem.*, 8, 126 (2002).
  10. K. H. Park, K. J. Shim, and N. S. Kim, Photoisomerization of Mixture LB Films of Fatty Acid and Phospholipid (DOPC), *J. of Kor. Oil Chemists Soc.*, 19, 43 (2002).
  11. D. W. Kang, Photoisomerization of Mixture LB Films of Fatty Acid and Phospholipids at Various Mixture Ratio, Changwon National University (2000).
  12. S. I. Kim, A Study on the Photoisomerization and Synthesis of Alkyloxyazobenzene Derivatives Changwon National University (2000).
  13. S. E. Gradwell, Surface Modification of Cellulose Fibers:Towards Wood Composites by Biomimetics, *C. R. Biologies*, 327, 945 (2004).
  14. F. Yin, H. K. Shin, and Y. S. Kwon, A hydrogen peroxide biosensor based on Langmuir-Blodgett Technique : Direct Electron Transfer of Hemoglobin in Octadecylamine Layer, *Talanta*, 67, 221 (2005).
  15. K. H. Park, and M. Iwamoto, Maxwell Displacement Current across Langmuir Phospholipid Monolayers Mixed with Azobenzene by Photoisomerization, *J. of Colloid and Interface Sci.*, 193, 71 (1997).
  16. T. C. Son, A Study on The Electrochemical Characterization of Mixture LB Films of Fatty Acid and Phospholipids at Various Mixture Ratio", Changwon National University (2002).
  17. K. H. Park, Electrochemical Properties of Langmuir-Blodgett (LB) Films Mixed with 4-Octyl-4'-(5-carboxy pentamethyleneoxy)azobenzene(8A5H) and Phospholipid, *J. Kor. Ind. Eng. Chem.*, 14, 759 (2003).