

## 박막의 누적조건, 누적확인 및 전기적인 특성

Deposition Condition, Confirmation, and Electrical Properties of  
C<sub>22</sub>-Quinolium(TCNQ) Langmuir-Blodgett Films

김태완\*, 박승규\*\*, 홍언식\*\*\*, 홍진표\*\*\*\*, 강도열\*\*

(Tae-Wan Kim, Seung-Kyu Park, Eon-Sik Hong, Jin-Pyo Hong, Dou-Yol Kang)

## 요 약

C<sub>22</sub>-Quinolium(TCNQ) 유기 초박막을 Langmuir-Blodgett 방법을 이용하여 유리기판 위에 누적하였다. 이의 최적 누적조건을 알아보기 위하여  $\pi$ -A isotherm 특성을 온도, pH, 압축 속도, 분산량 등을 변화시키면서 조사하였다. 누적 과정은 전이비를 통하여 고체 기판에 누적되는 정도를 살펴볼 수 있었으며, 누적된 박막은 다음과 같은 방법으로 확인하였다. 광학적인 방법으로 광흡수도, 전기적인 방법으로 전기 용량, 그리고 기계적인 방법으로 두께를 직접 측정하여 누적된 박막의 상태를 관찰하였다. 상온에서 이 방성 전기 전도도를 측정하였는데, 수평 방향으로  $\sim 1 \times 10^{-7}$  S/cm, 수직 방향으로  $\sim 1 \times 10^{-14}$  S/cm의 값을 얻었다.

## Abstract

Ultra-thin organic films, C<sub>22</sub>-Quinolium(TCNQ), were deposited onto ordinary microscope slide-glass substrates with a Langmuir-Blodgett technique.  $\pi$ -A isotherms were studied to find optimum conditions of deposition by varying temperature, pH, compression speed, and spreading amount. Transfer ratios were checked out during the process of deposition. We have used several tools to confirm the deposition: UV-visible absorbance, electrical capacitance, and direct thickness measurement. Anisotropic dc electrical conductivities were measured at room temperature. They are about  $1 \times 10^{-7}$  S/cm along the direction of film surface, and  $1 \times 10^{-14}$  S/cm in the perpendicular direction.

- \* : 홍익대학교 물리학과  
 \*\* : 홍익대학교 전기제어공학과  
 \*\*\* : 홍익대학교 전자전산기공학과  
 \*\*\*\* : 삼성 종합기술원 초전도실

1. 서론

Langmuir-Blodgett (LB) 박막은 분자 전자 소자<sup>1)</sup>, 유기센서<sup>2)</sup> 등에 응용될 수 있는 가능성이 있기 때문에 이에 대한 많은 관심과 연구가 진행되고 있다. 1917년에 Langmuir는 액체 표면상에서 단분자막 유기 화합물의 거동에 대한 연구를 하였고<sup>3)</sup>, Langmuir와 Blodgett는 이를 고체 기판위에 전이시키는 기술을 개발하였다<sup>4)</sup>. 이를 LB법이라 한다. 유기 초박막의 제작 방법에는 LB법 이외에 PVD(physical vapor deposition)법, CVD(chemical vapor deposition)법, 전해중합법 등이 있으나<sup>5)</sup>, 이들 방법중에서 LB 법은 물과 공기와의 계면에 형성되어 있는 유기 단분자막을 고체 기판위에 누적시킴으로써, 유기물을 Å ( $10^{-10}$ m)의 두께로 제작할 수 있고, 고도로 배향 배열시켜 기능성을 부여할 수 있기 때문에 다양한 분야로의 응용이 가능하다.

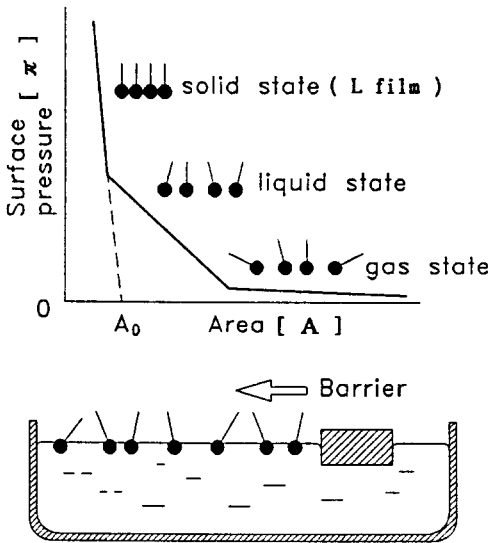


그림 1. 표면압( $\pi$ )-면적(A)의 관계  
Fig. 1 Surface pressure ( $\pi$ )-area(A) isotherm.

그림 1은 물과 같은 subphase 상에서 표면압  $\pi$ 와 분자 한 개가 차지하는 유효 면적 A와의 관계를 나타내는 그림이다. 면적이 큰 경우 분자 사이의 상호 작용이 매우 작기 때문에 표면압이 낮으며, 이 때의 층을 기체 상태라 생각할 수 있다. 그러나 면적을 감소시킴

에 따라 분자들은 서로 접근하게 되어 상호 작용이 생긴다. 이 때 표면압은 서서히 증가하다가 어느 적정 면적 이하에서는 표면압이 급격히 상승한다. 이와 같이 구분되는 두 개의 다른 영역은 2차원적인 액체와 고체 상태에 해당한다. subphase 상에서 고체 상태의 단분자막을 L 막이라 하고, 이를 고체 기판위에 누적한 것을 LB 막이라 한다.

성막 물질은 친수기 (hydrophilic part)와 소수기 (hydrophobic part) 를 갖고 있으며 이들이 배열된 형태에 따라서 그림 2와 같이 LB막을 X, Y 및 Z 형태로 구분한다. Y 형태는 짝수층 일 때 분자가 갖는 전기 쌍극자 모멘트가 서로 상쇄되게 된다. 그러나 기판을 subphase에 넣을 때만 또는 subphase로부터 나올 때만 막을 만들어 쌍극자 모멘트가 0이 되지 않는 X와 Z 형태가 있다.

Subphase로부터 고체 기판으로 성막 물질의 이동은 전이비를 통하여 살펴볼 수 있으며, 누적된 박막의 상태와 두께는 X-선 회절, SEM(Scanning Electron Microscope), ellipsometry 방법 등을 고려할 수 있으나<sup>6)</sup>, Å order의 초박막에 적용하기에는 어려움이 따른다.

$\pi$ -A isotherm은 성막 물질의 종류 및 화학적인 성질뿐만 아니라 subphase의 온도, pH 등과 같은 주위 분위기에 따라 달라지므로 이에 대한 기본적인 연구가 절대적으로 필요하다.

따라서 본 연구에서는 C<sub>22</sub>-Quinolinium(TCNQ)를 성막 물질로 하여 LB막의 누적을 위한 최적 조건을 알아내기 위하여 온도, pH, 분산량, barrier 이동 속도 등을 변화시켰으며, 광학적, 전기적, 기계적인 방법을 이용하여 LB막의 누적 상태를 확인할 수 있었다. 또한 누적한 LB막의 수평 방향과 수직 방향으로의 전기 전도 특성을 측정하였다.

2. 실험방법

2-1. 시편제작

기판 표면의 상태는 원하는 박막을 만드는 데 매우 중요하다. 사용한 기판은 보통의 광학 현미경용 slide glass (76 mm x 26 mm x 1 mm)이며, 아세톤 용액에서 30분씩 3회 초음파 세척을 한 후, 순수한 물(18 MΩ·cm)에서 20분씩 3회 이상 초음파 세척을 하였다. 또한 기판 표면을 친수성 처리시키기 위하여 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)에 중크롬산칼륨(K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)을 포화시킨 용액에 24시간 이상 침적시켰다. 이것을 다시 순수한 물에서 30분씩 5회 이상 초음파 세척을 하였으며

수분은 진공 중에서 완전히 건조시켰다.

전기적인 특성을 조사하기 위하여  $10^{-5}$  Torr의 압력하에서 알루미늄(Al) 전극을 진공 증착하였다. 기판 위에 증착된 Al의 전극 구조는 그림 3과 같다. 수직 방향의 특성 조사를 위해서는 상부와 하부 전극이 필요하므로 그림 3b와 같이 제작하였고, 수평 방향의 경우는 그림 3a와 같이 하부 전극만 증착하였다. 전극의 폭은 3 mm, 전극 간의 거리는 1 mm 가 되게 마스크를 제작하였다.

2-2. 수면처리 및 측정방법

누적 장치는 Kulin 형태인 Kyowa 회사의 trough (HBM-H)를 이용하였다. 크기가 45 cm x 14cm인 trough에 저항이 약  $18M\Omega \cdot cm$ 인 순수한 물을 subphase로 사용하였다. 용매는 클로로포름( $CHCl_3$ )을 사용하였고, 용액을 LB trough에 분산시킨 후 용매를 증발시키기 위하여 30분 정도를 기다렸다.

Subphase의 pH 처리는 S rensen법을 이용하였다. 1/10 N의 염산(HCl), 1/10M의 Sodium Citrate, 1/15 M의 Potassium Phosphate, 1/15M의 Sodium Phosphate의 4가지 용액을 용적비로 혼합하여 subphase로 사용하였다. subphase 상의 단분자막은 수직 침지법을 이용하여 5 mm/min의 dipping 속도로 유리 기판에 누적하였다

누적된 막은 HP 회사의 8452A UV-visible spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 측정하였으며, 수직 방향으로의 전기 용량은 1Hz, 1V의 계단형 전압을 인가하여 측정하였다. 그리고 막의 두께와 표면 상태를 직접 측정하는 기계적인 방법은 미국 UCLA에 소장된 Dektek 3030을 이용하였다(그림 10참조). LB막에서 계단형 전압을 이용하여 전기 용량을 측정하는 방법과 기계적인 방법을 이용하여 막의 누적 상태를 직접 확인하는 연구는 본 연구자들이 처음 시도하는 것으로 생각된다. 전기 전도도는 그림 3과 같은 시편에서 2단자법을 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 검토

3.1  $\pi$ - A isotherm

서론에서 설명한 바와 같이 성막 물질을 고체 기판위에 누적하기 위하여는 표면압  $\pi$ 와 분자 한 개가 차지하는 유효 면적 A와의 상관관계를 알아야 한다. 이를 위하여 subphase의 온도, pH, barrier 이동 속도, 용액의 분산량등

의 변화를 시켜서  $C_{22}$ -Quinolinium(TCNQ)의  $\pi$ -A isotherm을 조사하였다.

먼저 subphase의 온도를 12.5°C에서부터 50°C까지 변화시키면서  $\pi$ -A isotherm을 관찰하였는데, 이들 중에서 12.5°C, 25°C, 50°C에서 얻은 결과를 압력 변화가 크게 상승하기 시작하는 부근에서부터 그림 4a에 그려 놓았다. 12.5~35°C 범위에서의  $\pi$ -A isotherm은 비슷한 경향을 보였으며, 25°C 부근에서 더 안정된 형태를 얻었다.

25°C에서 얻은 결과를 살펴보면, 면적이 감소함에 따라 표면압이 서서히 증가하다가 30 mN/m 부근에서 표면압이 약간 감소하는 현상을 보인다. 이후 계속하여 단분자막을 압축시키면

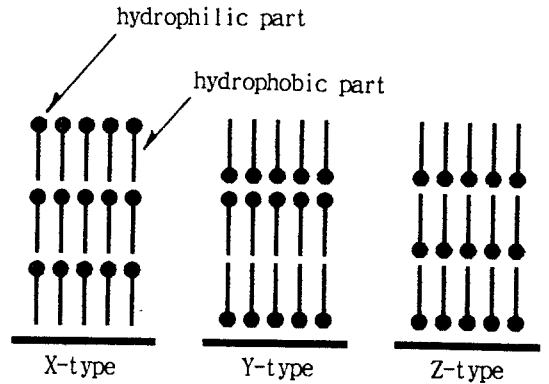


그림 2. X, Y, 및 Z 형태의 구조  
Fig. 2. Structures of X, Y, and Z type.

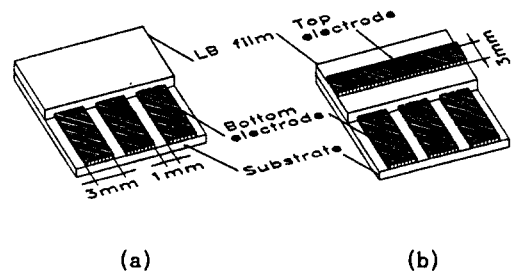


그림 3. (a) 수평 방향의 전극 구조  
(b) 수직 방향의 전극 구조  
Fig. 3. Schematic diagram of the electrodes for a characterization along the (a) horizontal direction, and (b) vertical direction.

표면압이 증가하며 50 mN/m 부근에서 막의 붕괴로 인하여 표면압이 급속히 감소한다. 온도

를 증가시켜 40 ~ 50°C의 온도에서 얻은  $\pi$ -A isotherm은 앞의 경우와 다소 다르다. 30 mN/m 이하의 표면압에서는 앞의 경우와 비슷하나, 그 이상의 표면압에서는 단분자막을 압축하여도 표면압의 증가가 매우 둔하다. 이와 같은 결과로부터 subphase의 온도가 상승함에 따라, 액체 상태의 단분자층은 유지되나 그 이상의 표면압에서는 막의 붕괴가 서서히 일어나는 것으로 짐작된다. 따라서 막을 누적하기 위한 적정 온도는 약 25°C (상온) 부근이 적정한 것으로 생각된다.

그림 4b는 subphase의 pH 변화에 따른  $\pi$ -A isotherm인데, 역시 압력이 크게 상승하기 시작하는 부근에서부터 나타낸 것이다. pH를 1.4 ~ 8.4의 범위에서 변화시켰는데, pH 5.6인 순수한 물에서 좋은 결과를 얻었고 그 이외의 경우에는 고체막이 형성되지 않았다.

또한 barrier의 이동 속도를 10~50 mm/min 범위에서 변화시키며 측정된  $\pi$ -A isotherm을 같은 방법으로 그리면 그림 4c와 같다. 속도가 느려짐에 따라 왼쪽으로 약간 이동하여 극한면적이 작아지는 경향은 있으나, 측정 오차 범위 내에서 볼 때 속도 차이에 의한 효과는 적었다.

그림 4d는 용액의 분산량을 100 - 400  $\mu$ l간격으로 분산시키며 측정된  $\pi$ -A isotherm이며 분산량이 증가할수록 초기 표면압이 증가함을 알 수 있다. 100 ~ 150  $\mu$ l에서는 trough 면적(570  $\text{cm}^2$ )에 비하여 분산량이 적어 고체막으로의 전이가 일어나지 않는 것으로 보이며, 막을 누적하기 위해서는 200 ~ 250  $\mu$ l (분자밀도:  $2.11 \times 10^{14}$  ~  $2.64 \times 10^{14}$  개/ $\text{cm}^2$ ) 정도가 적정한 것으로 관측되었다.

이상과 같은 실험 결과로 볼 때 그림 4d에서 알 수 있는 바와 같이 30 mN/m 부근과 45 mN/m 부근에서 상전이가 일어남을 알 수 있었다.

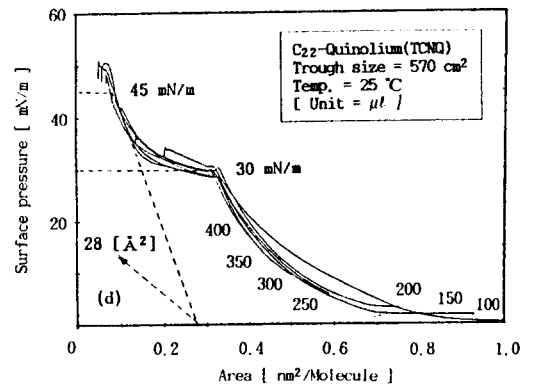
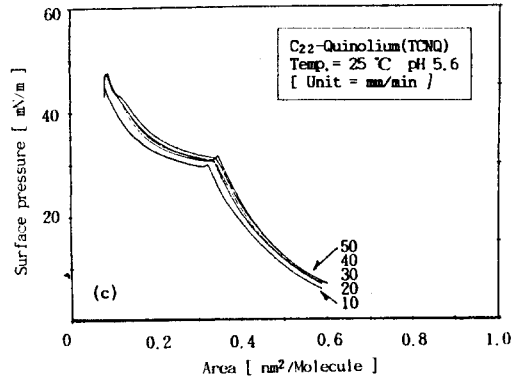
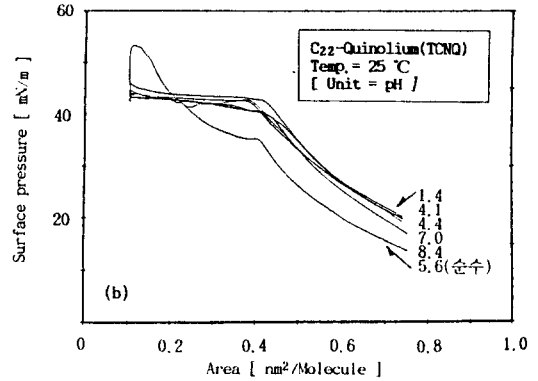
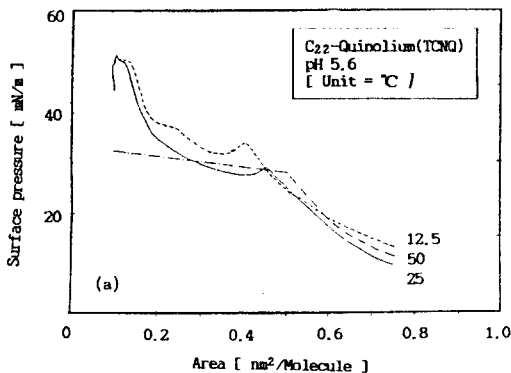


그림 4. (a) 온도에 따른  $\pi$ -A isotherm, (b) pH 변화에 따른  $\pi$ -A isotherm, (c) barrier 이동 속도에 따른  $\pi$ -A isotherm, (d) 용액의 분산량에 따른  $\pi$ -A isotherm.

Fig. 4.  $\pi$ -A isotherms depending on the (a) temperature, (b) pH variation, (c) barrier moving speed, and (d) spreading amounts of solution.

그림 5는 단분자막의 표면압을 30 mN/m와 45 mN/m으로 일정하게 유지시키고 시간에 따른 면적의 감소를 측정 한 것이다. 여기서 30 mN/m의 표면압 하에서는 시간이 흐름에 따라 단분자막의 면적이 감소하는 것으로 보아, 이는 액체막 상태로 생각되며, 반면에 45 mN/m의 경우는 면적이 측정 시간 동안 일정하게 유지되고 있으므로 고체막 상태인 것으로 판단된다.

이상과 같은  $\pi$ -A isotherm의 실험결과로부터 C<sub>22</sub>-Quinolium(TCNQ)는 subphase의 온도 25 °C, pH 5.6, 분산량 200 ~250  $\mu$ l (분자밀도:  $2.11 \times 10^{14}$  ~  $2.64 \times 10^{14}$  개/cm<sup>2</sup>), 그리고 45 mN/m의 표면압에서 LB 막이 가장 잘 누적되는

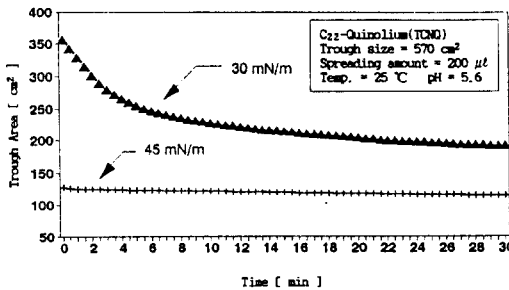


그림 5. 일정한 표면압하에서 시간에 따른 trough 면적의 변화.

Fig. 5. Change of trough area as a function of time under constant surface pressures.

것을 확인할 수 있었다. 그리고 분자의 극한 면적은 약 28 Å<sup>2</sup>(그림 4d) 정도임을 알 수 있었다.

### 3.2 LB 막의 누적

그림 6에 10층까지 누적 층수에 따른 X, Y, 및 Z 형태의 전이비를 나타내었다. 먼저 Z 형태의 막의 경우 전이비가 전체적으로 층수에 상관없이 거의 1에 가깝게 나타났다. 이로부터 수면상에서 유리 기판으로 단분자층이 잘 전이되고 있음을 알 수 있다. 그러나 첫째층의 경우 전이비가 1.2 정도인데, 이는 그림 10에서 설명하게 될 유리 기판의 roughness 때문인 것으로 보인다.

X 형태의 막은 전이비가 첫째층의 경우 0.5 정도이고, 층수가 증가함에 따라 7층까지 0.1 정도로 점점 감소하다가 그 이후는 거의 일정한 값을 보이고 있다. 따라서 X 형태의 막은 제작할 수가 없음을 알 수 있다. Y 형태의 막의 경우는 전이비가 Z 형태와 X 형태의 값 사이를

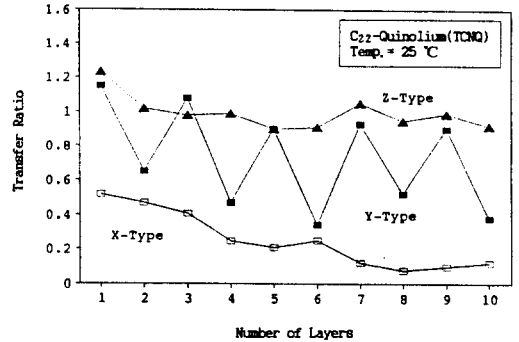


그림 6. 누적 층수에 따른 전이비의 측정.

Fig. 6. Measurement of transfer ratios as a function of number of layers.

반복한다. 기판이 downstroke 할 때는 전이비가 X 형태의 값에 접근하고, upstroke 할 때는 Z 형태의 값에 접근한다. 이러한 전이비의 측정으로부터 C<sub>22</sub>-Quinolium(TCNQ)는 Z 형태의 LB 막이 잘 이루어짐을 알 수 있다.

### 3.3 누적확인

#### (1) 흡광도 측정

그림 7a는 유리 기판위에 X, Y 및 Z 형태의 LB 막을 각각 5 층씩 누적하고, 누적상태를 관측하기 위하여 측정 한 UV-visible 흡광도이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 Z 형태의 막이 흡광도가 제일 크고 X 형태의 막이 제일 작은 것으로 보아 Z 형태의 막이 다른 것보다 잘 packing 되어 있음을 짐작할 수 있다. 이는 그림 6의 전이비 측정 결과와 일치하고 있다. 그림 7b는 Z 형태로 누적층수를 증가시키면서 관측한 흡광도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 누적 층수가 증가함에 따라 흡광도가 일차적인 관계로 증가하고 있다. 이는 분자층이 규칙적으로 형성되어 있음을 보여주는 것이다.

#### (2) 전기 용량(유전 상수) 측정

수직 방향으로의 LB 막은 유전체로 취급할 수 있기 때문에 “금속/LB 막/금속”과 같은 구조에서 유전 상수를 측정하여 막의 누적을 확인할 수 있다. 전극을 Al으로 사용 하였을 때에는 “Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/LB 막/Al”의 구조이므로, 이의 간단한 등가 회로는 자연 산화된 산화

막의 전기 용량  $C_{ox}$ 와 LB 막의 전기 용량  $C_{LB}$ 가 직렬 연결된 것으로 볼 수 있다. 이때의 총 전기 용량  $C_T$ 는

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_{ox}} + \left[ \frac{1}{C_{LB}} \right] N \quad (1)$$

으로 표현할 수 있으며,  $N$ 은 누적 층수를 나타낸다. 산화막과 LB 막 1층의 유전 상수와 두께를 각각  $\epsilon_{ox}$ ,  $d_{ox}$ ,  $\epsilon_{LB}$ ,  $d_{LB}$ 라고 하면, 식 (1)은

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{\epsilon_{ox} A} \left[ \frac{d_{ox}}{\epsilon_{ox}} + \frac{N d_{LB}}{\epsilon_{LB}} \right] \quad (2)$$

이 된다. 여기서  $A$ 는 전극의 면적이다.  $1/C_T$ 와  $N$ 의 그림에서 직선의 기울기는  $(1/\epsilon_{ox} A) (d_{LB}/\epsilon_{LB})$ 이고,  $y$ 축의 절편은 산화막의 두께에 상당한 항이다. 만약에 은이나 금 전극같이 산화막이 형성되지 않으면  $y$ 축의 절편은 0이 될 것이다.

유전 상수를 측정하는 일반적인 방법은 RLC meter를 이용하는 것이 보편적이나, 본 실험에서는 function generator로 저주파인 1 Hz, 1 V의 계단형 교류 전압을 인가하여 회로에 흐르는 transient 전류의 변화를 이용하였다. 이의 실험 방법은 그림 8a와 같다. LB 막과 표준 저항  $R_s$ 를 직렬로 연결하고, 여

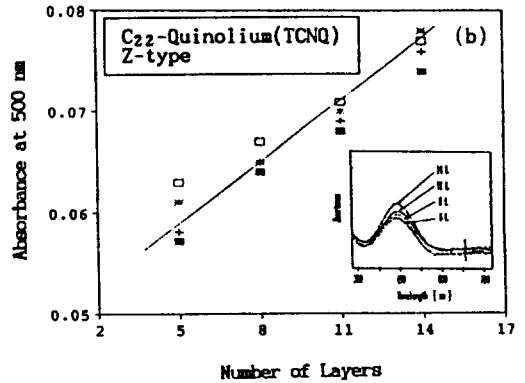


그림 7. (a) LB막의 UV-visible 흡강도, (b) 500nm에서 누적 층수에 따른 LB막의 흡강도.

Fig. 7. (a) UV-visible absorbance of LB films, (b) The absorbance of LB films depending on the number of layers at 500nm.

기에 계단형 교류 전압을 인가할 때 회로에 흐르는 전류는 그림 8b와 같다. 이는 시간에 따른 전류의 변화로써 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$i(t) = I_{max} \exp(-t/\tau) \quad (3)$$

여기서  $\tau$ 는 시간 상수이고, 최대 전류  $I_{max}$ 가  $I_{max}/e$ 로 떨어지는 데 걸리는 시간이다.  $R_{LB} \gg R_s$ 로 가정할 때

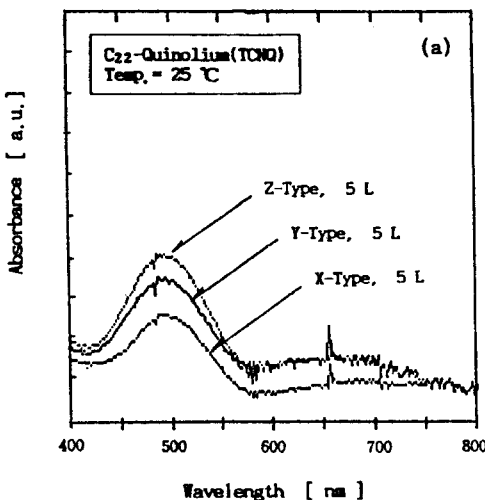
$$\tau \cong R_s C_T \quad (4)$$

로 근사시킬 수 있으므로, 실험적으로  $C_T$ 를 결정할 수 있다. 그림 8b의 내부에 있는 것은 여러 주기 동안 교류 전압을 인가했을 때, 회로에 흐르는 전류의 모습이다.

그림 9는 전기 용량의 역수  $1/C_T$ 와 누적 층수  $N$ 과의 관계를 나타내며, 이는 식 (2)와 잘 일치한다. LB 막 1층의 유전 상수  $\epsilon_{LB}$ 를 8 정도라고 할 때, 기울기로 부터 얻은 LB 막 한 층의 두께  $d_{LB}$ 는 약 47 Å이 된다. 또한  $y$  절편으로부터 얻은 산화 막의 두께는 약 50 Å으로써 이미 보고된 값과 비슷하였다<sup>7)</sup>.

(3) 기계적 측정

그림 10은 기계적인 방법으로 Dektak 3030



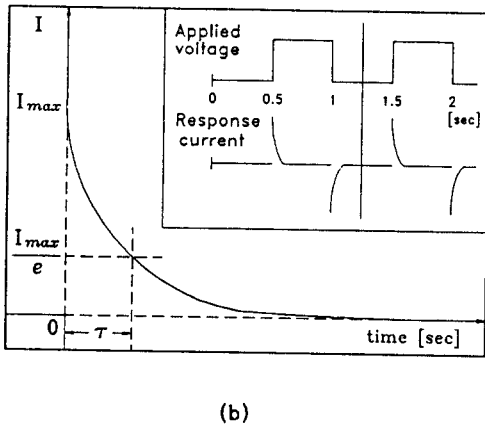
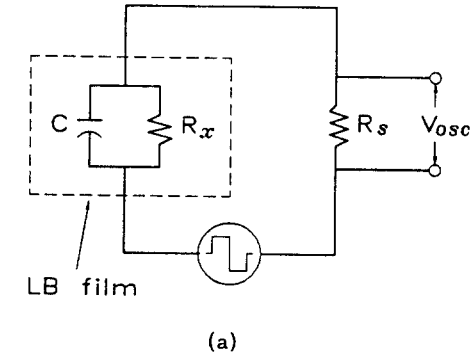


그림 8. (a) 전기용량 C를 구하기 위한 전기 회로. (b) 계단형 전압을 인가 하였을 때 시간에 따라 회로에 흐르는 전류.  
Fig. 8. (a) Electric circuit for determining the electrical capacitance. (b) Current flowing across the circuit when the step voltage is applied.

을 이용하여 막의 상태를 살펴 본 것이다. 이의 측정 원리는 probe를 적당한 압력으로 표면에 닿게 하여 옆으로 이동하면서 표면의 굴곡 상태를 관찰하는 방법이다. 그림 10a는 substrate의 전극 사이와 LB 막을 누적한 경계선 부근을  $\rightarrow$  방향으로 이동하면서 측정할 것인데, 아랫 부분의 것은 유리 기판의 표면을 관찰할 것이며 표면의 roughness는 약 46 Å이다. 기판의 위치에 따라 굴곡의 정도가 약간씩 다르게 관찰 되었으며, 대략적으로 유리 기판의 roughness는 50 ~ 90 Å 정도라고 할 수 있다. 그림 10b의 아랫 부분은 LB 막이 누적되지 않은 전극 사이를  $\rightarrow$  방향으로

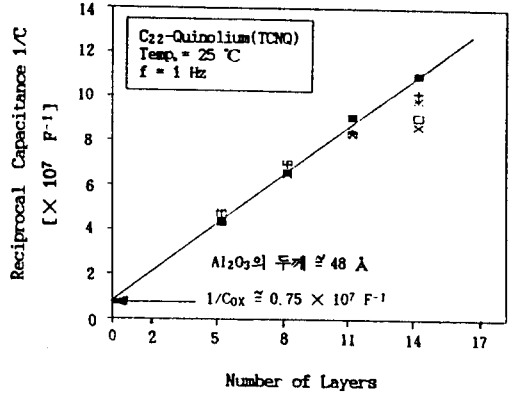


그림 9. 전기 용량의 역수와 누적 층수와의 관계.  
Fig. 9. Reciprocal capacitance vs. number of layers.

측정한 것이고, 위의 그림은 전극위에 11층으로 누적한 LB 막 위를  $\rightarrow$  방향으로 이동하면서 측정할 결과이다. 여기서, 증착된 Al 전극의 두께는 350 ~ 500 Å 정도이고 roughness는 유리 기판과 비슷함을 알 수 있다. 그러나 진공 증착된 여러 개의 전극의 두께를 측정 한 결과는 약 350 ~ 1500 Å의 값으로 폭넓게 관측 되었다. 누적한 LB 막에서 상대적인 높이의 차이는 Al 전극의 두께 때문인 것임을 알 수 있고, 전극간 거리는 그림 3에 있는 바와 같이 약 1mm(1000μm)로 나타났다. 그림에서 나타난 LB(11층) 막의 두께는 약 500 Å으로 관측되고 있는데, 이것은 C<sub>22</sub>-Quinolinium(TCNQ) 한 분자의 크기가 약 49 Å (이론값) 이므로 11층 LB 막의 이론상 두께와 근사한 값을 알 수 있다. 또한 앞의 유전 상수 측정으로부터 한 분자의 크기가 약 47 Å이 됨을 얻었는데, 이 값은 기계적 측정 결과와 거의 일치하며, 이에 대한 자세한 실험은 현재 계속 진행중에 있다.

### 3.4 전기적 특성

누적한 LB 막의 수평과 수직 방향으로의 전기 전도도를 상온에서 측정하였다. 2단자법을 이용하여 전류-전압 (I-V) 특성을 측정하였으며 수평 방향의 경우는 그림 11a와 같다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 일정한 인가전압 하에서 누적 층수가 증가할수록 전류도 증가하고 있다. 그러나 수직 방향에 대한 I-V 특성

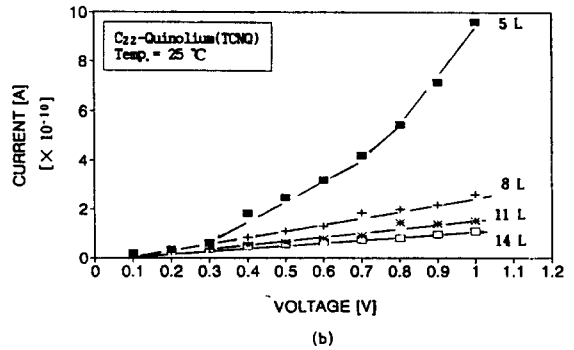
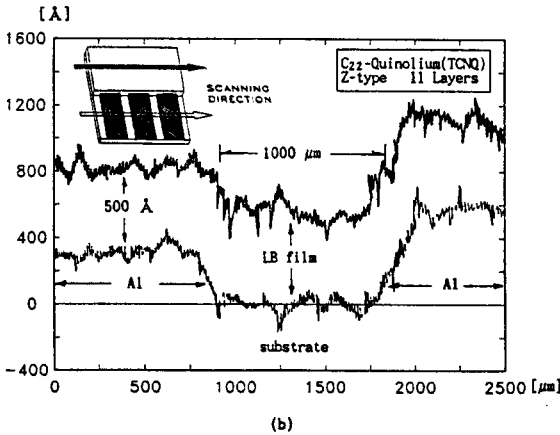
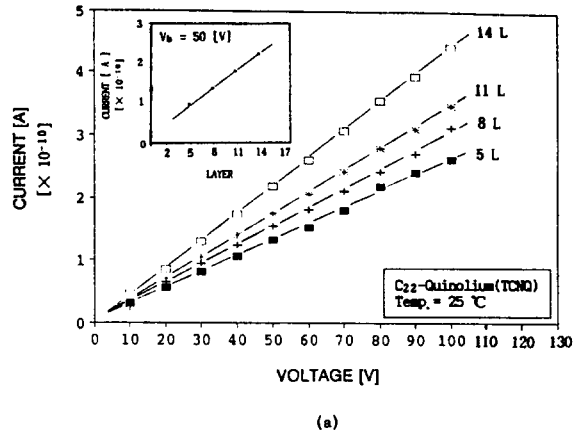
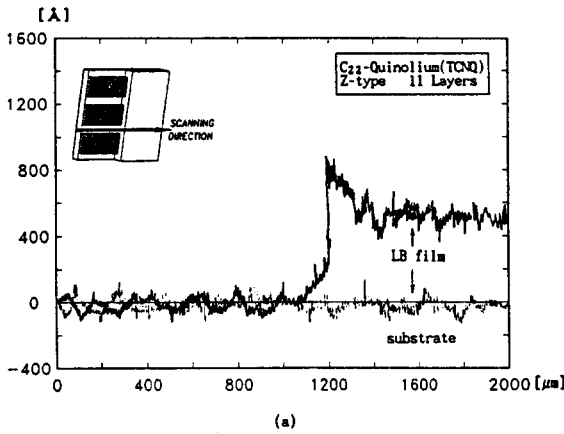


그림 11. (a) 수평방향에서의 전압-전류 특성 (b) Current-voltage characteristics along (a) the horizontal, and (b) the vertical direction.

그림 10. (a) 유리 기판과 그 위에 11층 누적된 Z형태의 LB막의 표면 조사. 1200 μm이하는 유리 기판의 상태이고, 그 이상에서는 누적된 LB막을 관찰할 수 있다. (b) 유리 기판위의 양쪽에 증착된 Al전극과 그위에 11층 누적된 Z형태의 LB막의 표면 조사.

Fig. 10 (a) Scanned shape of the surface of substrate, and 11 layers of LB film with Z-type formation. We can see the surface state of the substrate below 1200 μm, and LB film above. (b) The lower one is the vapor deposited Al electrodes on top of substrate, Al electrodes can be seen on both sides of the substrate. The upper one is the 11 layers of LB film.

(그림 11b)에서는 반대로 층수가 증가할수록 전류가 감소함을 알 수 있다.

I-V 특성으로부터 얻은 수직 및 수평 방향의 전기 전도도와 누적 층수와 관계는 그림 12와 같다. 수평 방향의 전기 전도도는 약  $10^{-7}$  S/cm 정도이고, 수직 방향의 경우는 약  $10^{-14}$  S/cm의 값을 얻었다. 수직 방향에서의 낮은 전기 전도도는 비전도성의 알킬기의 영향 때문인 것으로 추측되며, 수평 방향의 높은 전기 전도도는 TCNQ가 전도에 기여하기 때문인 것으로 해석할 수 있는데, 이들 값은 본 연구자들이 이미 발표한 바 있는  $C_{22}$ -Pyridinium(TCNQ)에서 얻은 값과 유사한 크기였다<sup>8)</sup>. 따라서 전도 기구의 해석도 같은 내용으로 해석할 수 있기 때문에 본 논문에서는 생략하였다.



4. 결 론

본 연구는 유리 기판 위에 C<sub>22</sub>-Quinolium (TCNQ) LB 막을 제작하기 위한 누적 조건과 누적 후 이의 상태를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

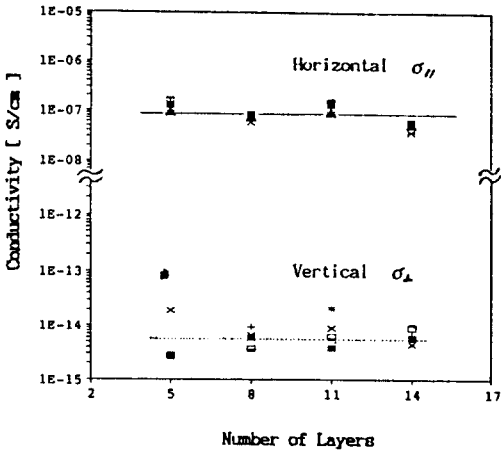


그림 12. 수평 및 수직 방향의 전기 전도도.  
Fig. 12. Electrical conductivities along the horizontal and the vertical direction.

- (1)  $\pi$ -A isotherm의 측정으로 부터 subphase의 온도는 상온(25°C), pH는 5.6(순수한 물)으로 하고 표면압을 45 mN/m으로 할 때 좋은 LB 막을 얻을 수 있었다.
- (2) 전이비와 UV-visible 흡광도 측정을 통하여 C<sub>22</sub>-Quinolium (TCNQ)는 Z 형태의 LB 막 제작이 용이함을 알았으며, 막을 제작 후 광학적, 전기적, 기계적인 방법으로 막이 잘 누적되어 있음을 확인할 수 있었다. 특히 표면 상태의 관찰로 볼 때, 누적된 막의 roughness는 기판의 roughness보다 약간 큰 것으로 나타났다. 이는 기판의 선택이 중요함을 말해준다.
- (3) 전기적인 특성으로는 수평 방향으로 막의 누적 층수가 증가할수록 저항이 감소하고, 수직 방향으로로는 누적 층수가 증가할수록 저항이 증가하는 현상을 보이고 있다. 그리고 수평 방향의 도전율은 약 10<sup>-7</sup> S/cm정도이고, 수직 방향의 도전율은 약 10<sup>-14</sup> S/cm로 이방성의 특성을 나타내었다.

이밖의 전기적인 특성으로는 I-V 특성에서 부성저항 현상이 강하게 나타나고 있는데, 이에 관한 구체적인 연구 결과는 차후에 발표할 예정이다.

본 연구는 1991년도 홍익대학교 학술 연구 신규과제 연구비의 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

1. A. Sibbald, J. Mol. Electronic, 2, 51 (1986).
2. S. Arisawa, T. Arise and R. Yamamoto, Thin Solid Films, 209, 259 (1992).
3. I. Langmuir, J. Am. Chem. Soc., 37, 1939 (1915).  
I. Langmuir, J. Am. Chem. Soc., 39, 1848 (1917).
4. K. B. Blodgett, J. Am. Chem. Soc., 57, 1007 (1935).
5. A. F. Diaz, J. C. Lacroix, 高分子, 36(4), 278 (1987).  
八瀬清志, 稻岡紀予生, 岡田正和, 高分子, 36(4), 270 (1987).  
小林駿介, 關口活志, 高分子, 42(1), 46 (1987)
6. M. Von Frieling, H. Bradaczet, and W. S. Durrfee, Thin Solid Films, 159, 451 (1988).  
M. J. Dignam, M. Moskovits, and R. W. Stobie, Trans. Faraday Soc., 67, 3306 (1987).
7. J. Batey, Ph. D. Thesis, University of Durham, UK (1983).  
日野太郎, 權寧守, 串田正人, 日本電氣學會論紙 A, 109(7), 287 (1989).
8. 강도열, 권영수, 강훈, 최명규, 김재호, Trans. KIEE, 40(1), 82 (1991).  
(1992년 8월 18일 접수)



**김태완**

1958년 7월 5일생. 1981년 연세대 물리학과 졸업. 1983년 동 대학원 물리학과 석사. 1990년 미국 UCLA 물리학과 졸업(이학박사). 1992년 현재 홍익대 물리학과 및 전기제어공학과 겸임교수.



**박승규**

1966년 9월 27일생. 1989년 홍익대 전기제어공학과 졸업. 1992년 현재 홍익대 전기제어공학과 대학원 석사과정.



**홍언식**

1934년 12월 13일생. 1961년 연세대 전기공학과 졸업. 1974년 홍익대 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 박사과정. 1992년 현재 홍익대 산업대학 전산기공학과 교수.



**홍진표**

1961년생. 1986년 미국UCLA 물리학과 졸업. 1992년 미국 UCLA 물리학과 졸업(이학박사). 1992년 현재 삼성종합기술원 선임연구원.



**강도열**

1934년 12월 30일생. 1957년 연세대 전기공학과 졸업. 1974년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1979년 홍익대 대학원 전기공학과 공학박사. 1992년 현재 홍익대 전기제어공학과 교수.