

Moving wall형 LB법에 의하여 제작된 DLPC 지질막의 누적특성

10-6-5

The Deposition Characterization of DLPC Lipid Membrane Fabricated by Moving wall Type LB Method

이우선*, 최창주*, 정용호*, 김남오*, 이경섭**, 장의구***, 김태성§

(Woo-Sun Lee, Chang-Joo Choi, Yong-Ho Chung,

Nam-Oh Kim, Kyung-Sub Lee, Eui-Koo Chang, Tae-Sung Kim)

Abstract

We fabricated the sample of ultra thin lipid membrane(L- α -DLPC) by LB method. The π -A isotherm of the DLPC was measured at the air-water interface varying with the compressing speed and amounts of solutions for spreading. For the good property of lipid monolayer film, it was necessary to prepare at the lower speed of compressing, with an appropriate volume of solutions for spreading. Absorption, transmittance and intensity with the UV spectrophotometer were measured. The Z-type multilayers showed good characteristics better than Y-type. So we found building-up of structurally high quality LB films is essential to study properties of the films and to get reproducible data.

Key Words(중요용어) : LB, L- α -DLPC, Lipid membrane(지질막)

1. 서 론

현재까지 소자들을 구성하는 박막들은 무기질 재료가 주종을 이루어 왔으나 차세대 주목되는 물질로서 고분자 박막이 크게 주목받고 있으며 고분자 물질에 요구되는 특성으로서 고온에 견디는 온도특성과 화학적으로도 안정한 구조를 갖는 새로운 대체 물질이 전기 전자 소자에 필요하게 되었다. 그리고 전도성 고분자 재료로서 최근에 TCNQ등의 LB박막 제조법에 의한 물질이 개발되어 모든 전기적재료들이 요구하는 절연성과 도전성, 반도체성까지 거의 실현되고 있는 단계에 이르렀다.^{1), 2)} 현재 실리콘을 대표적으로 하고 있는 반도체 집적회로는 화합물 반도체나 유기물질을 재료로 사용할때 연산속도가 더욱 빨라질 수 있으므로 대체재료의 개발과 연구가 요구되고 있다. 가장 주목받고 있는 고분자박막제조법으로서 LB법은 단분자층으로부터 층을 겹겹히 쌓

아 올려 층수에 의한 두께제어를 하므로 특성제어가 용이하게 되며 단분자층의 두께는 불과 수 Å ~ 수십 Å으로 가장 작은 두께의 박막을 제작할 수 있으므로 초전도 응용소자인 조셉슨소자에서 절연막으로 가장 적합하다.^{3), 4), 5)} 최근의 연구동향은 정보의 수용과 전달, 화학적 반응, 스위치, 센서, 광전변환등이 생체막의 기능과 유사함이 판명되어 생체막으로 이러한 기능을 갖는 소자들을 제작하기 위한 연구가 활발하게 이루어 지고 있다. 생체막은 세포를 둘러싸는 외부벽으로서 외부에서의 각종 전달물질들을 수용하거나 배척하고 변환하는 인터페이스의 기능을 갖고 있다. 생체막을 인공적으로 제작하는 방법으로는 현재까지 LB법이 가장 적합하다고 생각되며 생물학적으로 이미 여러가지의 단백질이나 효소, 인지질 등은 합성이 가능하기 때문에 완전한 생체막의 제작기법이 조만간에 확립될것으로 보인다. 또한 LB법으로 제작된 박막을 유전체로서 사용할 경우에 두께가 작기 때문에 막의 안정성이 좋다면 큰 정전용량을 가질 수 있다는 것이 장점이다.⁶⁾ 그러나 생체막의 경우 물질에 따라 제작조건들이 다르고 다층체막이 어려운 점과 육안으로 잘 관찰하기 어려워 제막과 관측에 아직까지 많은 어려움이 따르고 있어

* : 조선대학교 공대 전기공학과

** : 동신대학교 공대 전기전자공학부

*** : 중앙대학교 공대 전기공학과

§ : 전남대학교 공대 전기공학과

접수일자 : 1997년 3월 26일

심사완료 : 1997년 8월 15일

전기 전자적 디바이스로 지질막인 L- α -DLPC (Dilauroylphosphatidylcholine)를 이용한 제작조건과 물성규명의 방법등이 불투명한 상태이다. 현재 DLPC를 LB법에 의하여 제작한 실험에서 변위전류 등을 측정한 결과가 있으며 구체적인 제작조건으로서 시료의 누적량이나 압축속도 및 다층제막에 관한 연구가 요구된다. 따라서 본 논문에서는 LB법을 이용하여 생체막을 구성하는 인지질 L- α -DLPC를 실리콘 웨이퍼와 유기기판위에 moving wall형 LB system으로 제막하고 그 제작조건 및 물성들을 연구하였다.

2. 실험 방법

표 1은 본 논문에서 사용된 시료와 누적조건을 나타낸다. Moving wall type에서는 수조의 중간정도의 수위가 가장 적절하기 때문에 Moving wall 테이프와 수면까지의 간격을 약 5mm, Moving wall 테이프와 수조 밑까지의 간격은 10mm로 하여 증류수를 주입한 결과 약 350 ml의 물의 양이 주입이 되어서 본 연구에서의 경우에 이 물의 양이 실험에 적합함을 보였다.⁷⁾ 실험에 사용된 물은 초순수 장치(Chem. science)에 의하여 제조된 18(M Ω ·cm)의 저항값을 갖는 3차 증류수를 사용하였고 용매로 사용된 CHCl₃의 순도는 99.5%이다. LB박막 시료의 두께를 측정하기 위해서 ellipsometer(Rudolf S2000)를 이용하였는데 그 원리는 빛이 어떤 물질을 통과할때 빛은 물질의 영향을 받아 변화하게 되고 입사광의 기준점에 대한 반사광의 위상각도의 변화의 정도는 빛이 통과한 박막의 굴절율과 두께에 비례한다. Ellipsometer는 이 원리를 이용해서 굴절율을 알 수 있는 박막에 빛을 입사시켜 반사되어 나오는 빛을 분석하여 박막의 두께를 측정하는 장치이다.

표 1. LB 막 누적조건.

Molecule Type	L- α -DLPC
Solvent Type	Chloroform(CHCl ₃)
Barrier Speed	20 mm/min
Target Pressure	50 mN/m
Target Temperature	19 °C
Dipper Speed(up)	8 mm/min
Dipper Speed(down)	5 mm/min
Substrate	Quartz (Won-lk quartz Co.), Silicon wafer

그림1은 L- α -DLPC의 분자 구조를 나타낸 것

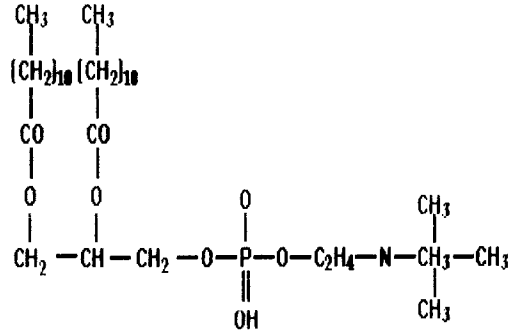


그림 1. L- α -DLPC의 분자 구조
Fig. 1. Molecular structure of L- α -DLPC

이다. 이것은 생체막의 구성요소의 일종으로서 지질이 있는데 인산이 존재하므로 인지질이다. 인지질의 종류는 수십가지에 달하며 L- α -DLPC의 알킬체인은 2개(2 × C₁₂)인 소수기와 인산에스테르, choline기의 친수기 물질로 구성되어 있으며 시료(Sigma)의 순도는 99%이다. 인지질은 달걀노른자에서 추출되는데 그 과정은 다음과 같다. 달걀노른자에 두배의 아세톤을 가해 실온에서 10분간 교반하고 흡인하여 거르는 과정을 2번 반복하면 걸러진 액은 중성지질이 된다. 여기에 다시 여러가지 공정을 거치면 인지질이 얻어지는데 이 과정에서 phosphatidylcholine(lecithin)이 추출된다.⁸⁾ Moving wall type LB박막 제막장치(Nippon laser-LB140-MWC)와 인터페이스의 새기능으로 표면압 센서는 π -A 측정시 고리(hook)에 측정용 종이(wilhelmy plate)를 걸어 표면압을 측정한다. 표면압력이 상승할때 hook 위의 wilhelmy plate를 통과하는 텐션 바(tension bar)가 상승하고 반대편에 접촉된 슬릿 플레이트 slit plate)는 내려가므로 이 변위에 비례한 값으로 표면압은 측정된다. 본 논문에서 사용된 표면압 센서는 측정범위가 0~100mN/m이었으며 디퍼는 기관을 나사로 고정하고 제막시 상하로 움직인다. 구동모터는 DC 서보모터이며 속도는 3~50mm/min의 범위에서 조절할 수 있고 장착할 수 있는 기관의 치수는 50(폭)×50(길이)mm이다. 배리어는 고정배리어와 가동배리어가 있는데 가동배리어가 이동함으로써 표면압력은 변화하게 되고 수면에 시료가 뿌려진 상태에서 오른쪽으로 움직여 시료표면의 단분자들을 압축하게 된다. 배리어의 재료는 PTFE 테프론이며 압축속도는 3~50mm/min의 범위에서 조절할 수 있고 구동모터는 DC서보모터이며 Moving wall mechanism에 의하여 압축된다. Moving wall mechanism은 분자배열을 바꾸지

않고 좋은 질의 박막이 증착되도록 옆의 벽이 배리어와 함께 동시에 움직여 분자박막과 옆 벽과의 사이의 마찰을 막고 분자박막을 기관 뒷면으로 계속 흐르게 한다. 이것은 일반적인 수조를 사용한 LB박막에서 개선될 수 없다고 알려진 높은 강도를 갖는 분자층들의 증착이 가능하다. Moving wall로 사용된 재료는 유리섬유 위에 코팅한 PTFE 테프론 테이프이고 수조의 재료는 알루미늄위에 코팅한 PTFE 테프론이며 본 논문에서 사용된 수조의 내부 치수는 80(폭) × 405(길이) × 15(40)(깊이)[mm]이다. 인터페이스는 표면압을 표시해주며 zero knob와 gain knob를 이용하여 표면압 센서의 기계적교정(calibration)을 수행하고 target pressure를 설정할 수 있다.

그림 2는 LB제막장치와 인터페이스 그리고 컴퓨터와의 시스템의 배선도를 나타내었다. 컴퓨터에는 각각 A/D board와 PIO board를 내장하여 인터페이스에 연결하고 인터페이스에서는 각각 표면압센서와 모터의 구동장치가 LB제막장치와 연결되고 컴퓨터의 CRT상에 측정결과를 디스플레이(display)한다.

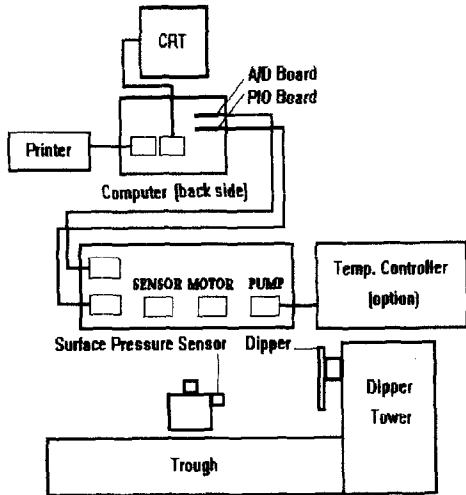


그림 2. LB 박막제막장치와 인터페이스, 컴퓨터와의 배선도

Fig. 2. Cable connection of LB system, interface and computer

3. 실험결과 및 검토

그림 3은 L- α -DLPC의 π -A 곡선으로 X 축은 단분자 막을 구성하는 분자 밀도로서 1 분자당 점유 면적을 나타내고 Y 축은 표면압력 π [mN/m]를 나

타내며 표면압력 π 는 물의 표면장력과 기수계면 단 분자에 의해서 낮아진 표면장력의 차이이다. Moving barrier의 이동속도를 20mm/min으로 하여 시료의 누적량을 각각 40 μ l, 35 μ l, 30 μ l를 주입하였는데 압력이 가해지지 않은 초기상태에서 40 μ l의 누적량일 때의 분자단면적은 약 200 \AA^2 , 35 μ l일 때 240 \AA^2 , 30 μ l일 때 270 \AA^2 을 나타내어 누적량이 적을 수록 초기 분자단면적은 증가함을 알 수 있었다. 이것은 수면 위에 누적된 단분자의 양이 적을 수록 단분자와 수면과의 각이 이웃한 단분자와 결합하지 않는 범위에서 적어지게 되어 상대적으로 면적이 커지게 된다고 생각된다. 즉 기상상태에 따라 초기단면적이 결정되는데 적게 주입될수록 기상의 분자가 수면위를 차지하는 비율이 많아지기 때문이다. 그림 3에서 π -A 곡선의 형태로 볼 때 30 μ l와 35 μ l의 주입량에 비해 40 μ l의 주입량이 비교적 적당하다고 보여지며 그 이유는 압력이 급상승하는 부분에서 일직선을 그어서 구해지는 1분자당 극한면적이 가장 적기 때문이다. 그러므로 주입량이 적을 수록 압축되는 단분자의 양이 적어 고상의 박막을 형성하지 못하므로 저압에서 압력의 포화현상을 일으킨다고 생각된다. π -A 곡선에서 40 μ l의 곡선을 보면 약 200 \AA^2 에서 110 \AA^2 까지는 압축과정에서 표면압은 큰 변화를 나타내지 않고 있으나 110 \AA^2 이하로 압축되면서 표면압은 50 mN/m로 크게 증가함을 나타내었다. 110 \AA^2 에서 표면압의 증가는 단분자들의 배열이 분산상태에서 정렬상태로 바뀌기 때문인 것으로 생각된다. 이에 따라서 표면압이 변화하기 시작하는 압력곡선의 하단에서 X축에 일직선을 그려서 분자 단면적을 구하였는데 본 L- α -DLPC의 경우에 그림 3의 점선과 만나는 X축에서 볼 수 있는 것과 같이 110 \AA^2 에서 표

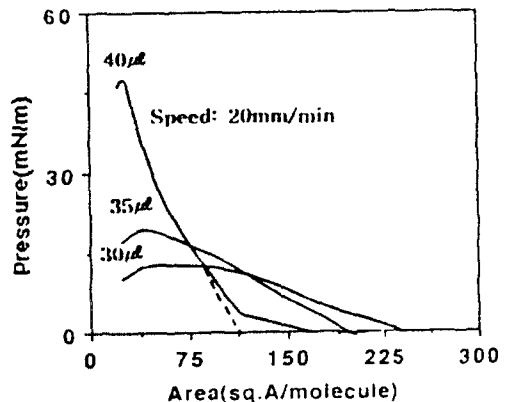


그림 3. L- α -DLPC의 π -A 곡선
Fig. 3. π -A isotherm of L- α -DLPC

면압의 변화가 나타났다. 그리고 50 mN/m를 넘어서면서 표면압력은 한계를 넘어 분자의 배향성이 흐트러지기 시작함이 나타났으며 Target pressure는 고상으로 바뀌는 압력이라 생각되는 25 mN/m로 하여 박막을 제작하였다. 본 연구에 사용된 Moving wall type의 수조는 시료의 주입량을 40 μ l로 하였고 너무 많은 양을 주입했을때 수면위에 과포화됨을 나타냈다. 그것은 수조면적에 비해 많은 양의 DLPC를 주입하면 분산된 시료위에 새로운 분자막들이 겹겹히 쌓이게 되어 무게의 증가로 인하여 수면의 하부로 침전되기 때문이라고 생각된다.

그림 4는 시료의 주입량을 40 μ l로 일정하게 하고 Moving barrier의 속도를 20mm/min와 40mm/min으로 변화시켰을때의 π -A 곡선을 나타낸것이다. 속도가 감소할수록 일반적으로 π -A 곡선은 왼쪽으로 이동하여 단분자막의 극한면적이 감소하게 되서 더욱 안정한 고상의 막을 얻을 수 있다. 막 누적시 Moving barrier의 속도를 선정하게 될때 적절한 값을 구하기 위해서 본 실험의 결과 데이터를 사용할 수 있다. 전형적으로 좋은 π -A 곡선을 얻기 위해서는 적절한 누적량과 압축속도 등이 중요하고 극한면적을 최대로 감소시킬 수 있으므로 pH가 5~6사이의 범위에 있는 초순수 물을 사용하여 실험하였다.

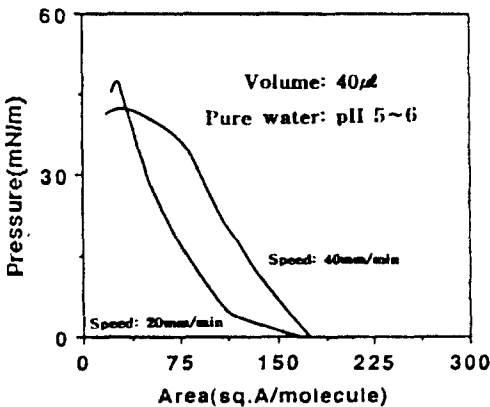


그림 4. 압축속도의 감소에 따른 π -A 곡선
 Fig. 4. The π -A isotherms for decreased compressing speed

그림 5는 누적량을 40 μ l로 하였을때의 속도변화에 따른 시간과 표면압, 수조면적의 관계를 나타낸 그래프이다. 속도가 20mm/min일때 압력의 포화점과 수조의 면적(16cm²)은 최대포화압력과 최소분자점유 극한면적의 포화점이 일치하게 되어 가장 최적의 조건을 나타내고 있음을 확인할 수 있으며 속도가

40mm/min일때는 역시 짧은 시간에 압력이 포화되어 안정되지 못함을 알 수 있었다. 표면압력 50mN/m에서 L막은 수조면적이 변함없이 유지되므로 최적의 상태로 압축됨을 알 수 있었고 수면상의 단분자의 밀도가 더욱 더 조밀하게 되었으며 시간의 증가에 따른 압력의 변화는 속도가 적을때보다도 속도가 빠를때 더 크게 나타났다. 만약 포화압력상태에서 면적이 감소한다면 안정한 막이 되기 어려우며 일정하게 유지되는 시간까지 기다려야 하지만 시료 누적시 표면 분산기간과 용매의 휘발성이 존재하므로 수면에 단분자막을 전개하고 압축을 개시한 후 15분뒤에 최적의 상태가 되므로 이때부터 기판의 dipping을 시작하여 막을 누적시킬 수 있음을 알 수 있다.

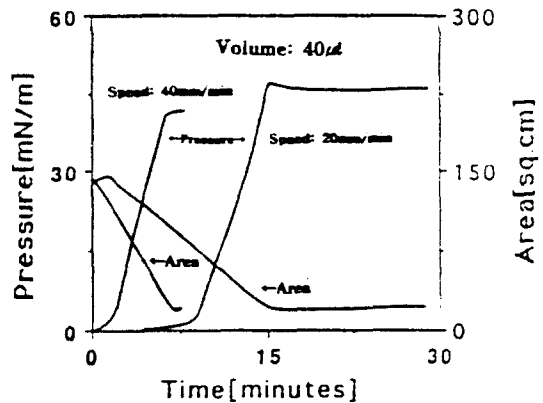


그림 5. LB막의 시간변화에 따른 표면압과 면적변화
 Fig. 5. The variation of surface pressure and area of LB films with time

그림 6은 기판으로 실리콘 웨이퍼를 사용하여 LB막을 누적시켰을 때의 각 층 당 전이비(%)를 나타낸 것이다. 그림에서 L- α -DLPC의 누적은 Y-type인 up-down-up으로 하였는데 짝수 층은 2, 4, 6이며 dipper가 내려가면서 옮겨 붙는 전달비를 나타내고 홀수 층은 dipper가 올라가면서 옮겨 붙는 전달비를 나타낸다. 물론 가장 이상적인 전달비는 100%이지만 실제적으로는 오차가 있으므로 약 80%~120%까지의 범위를 나타내야 하는데 본 실험의 경우 층수가 증가함에 따라 전이비는 증가와 감소를 주기적으로 반복하여 그림에서 down의 누적이 전체적으로 불안정하게 나타났고 Z-Type (up)으로 막을 누적한 결과 이상적인 범위내에 전이비가 나타났으므로 더욱 구조적으로 안정한 막을 얻었다.

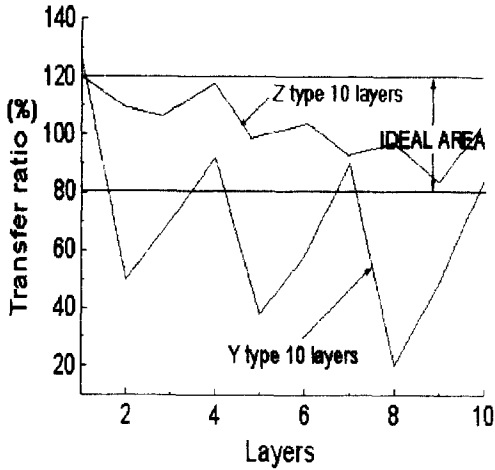


그림 6. 각 층 당 전이비
Fig. 6. Transfer ratio of each layer

그림 7은 DLPC를 quartz 표면에 Z-type으로 각각 1층, 2층과 3층으로 제작한 박막을 UV spectrophotometer에 의하여 측정된 파장의 증가에 따른 흡수도(absorption rate)을 나타낸 것이다. UV spectrum 으로 막의 누적상태를 확인하여 막은 잘 제막되었음을 알 수 있었고 투과도와 흡수도는 같은 측정장비(SCINCO 2030)에서 결과를 출력할 수 있었다. X축의 scale 약 232nm-234nm의 범위에서 층이 커질 수록 흡수도의 증가함을 명확하게 관측될 수 있었다. 측정된 흡수도는 3 층으로 쌓아올린 막이 가장 크고 1 층이 가장 적으므로 층이 많아질수록 흡수도가 커지는 일반적 결과들을 만족하고 있다. LB 박막을 제막할때 박막의 물성평가 중에서 두께의 측정과 다층박막의 비교등을 분석하는 것은 매우 중요한 관건이 된다. 여러가지의 방법들이 제시되어 있으나 그 중 흡수도(absorption rate)를 이용한 방법은 현재로서는 아직 불투명하여 홀수층(3, 5, 7...)의 다층박막들을 비교하는 방법이 제시되어 있으며 흡수도에 대한 광물성측정은 흡수도가 다층박막이 될수록 커짐을 나타내어 이에 따른 결과로서 다층제막을 판명하고 있으며 본 논문에서도 그와 유사한 결과가 나타났다고 생각된다. X-ray diffractometer는 X 선이 시료를 파괴하는 결과가 초래될 수 있기 때문에 최소 10층 이상의 좋은 강도를 갖는 박막에 적용될 수 있다. 또한 SEM 이나 TEM 등의 전자현미경을 이용한 표면과 절단면에 대한 분석들도 LB 막의 특성상 현재까지 뚜렷하게 보고된 결과가 없는 상태이다. 두께산정의 방법으로서 여러가지 방법이 있지만 대표적인 방법을 제시하면 정전용량을 이

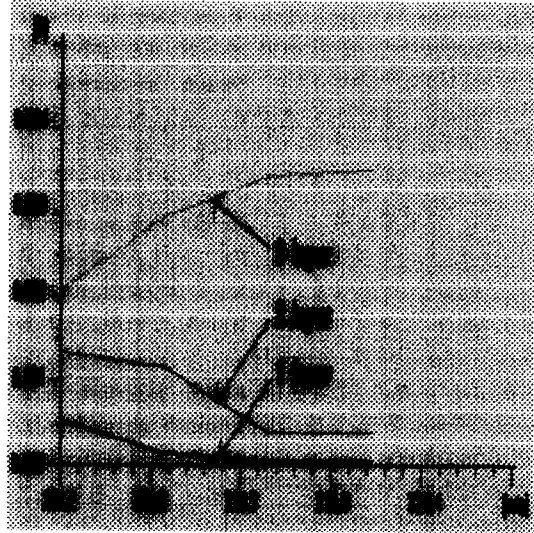


그림 7. LB막의 흡수도
Fig. 7. Absorption spectra of the LB film

용하는 방법이며 생체막 중 특히 인지질은 소수기가 절연성과 강도에 영향을 주는데 이것은 탄소의 공유 결합에 의한 것이다. 따라서 이것을 절연체로 이용한 캐패시터를 제작하면 정전용량의 산출과정에서 두께를 알 수 있다. 또 탄소원자의 결합계도등을 수학적으로 모델링한 수식에 의하여 산출하는 방법인데 이것은 친수기 부분이 아직 확립되지 않았지만 소수기 부분은 탄소원자의 결합수를 모델식에 대입하여 근사치를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 ellipsometer(Rudolf S2000)를 이용하여 DLPC의 두께를 측정하였다. Ellipsometer의 관계식은 식 (1)과 같다.

$$\rho = \frac{\gamma_P}{\gamma_S} = \tan \psi e^{i\Delta} \quad (1)$$

여기에서 ρ 는 S성분과 P성분의 비이고 γ_P 는 입사하는 빛의 진폭의 비, γ_S 는 반사하는 빛의 진폭의 비, $i = \sqrt{-1}$, Δ 는 위상각의 변화량이다. 이식은 Durde와 Fresnel의 유도식으로부터 두께를 알 수 있는 수식 (2)가 된다.

$$D = -4\pi \frac{d}{\lambda} iN_1 \cos B \quad (2)$$

D는 Ellipsometer에서 측정되는 광학적 밀도이며 d는 박막의 두께, λ 는 입사하는 빛의 파장, N_1 은 측정하고자 하는 박막의 굴절율, B는 박막 내부의 굴절각이며 이 식에 의하여 두께가 산출된다. 측정데이터에서는 파장에 따른 굴절율의 변화를 얻을 수

있었으며 측정을 위한 환산인자들은 측정기의 내장 프로그램에 의하여 반복계산하여 최종평균치로서 출력된 두께값을 나타낸다. 측정된 DLPC의 두께는 한 층당 약 35Å의 두께로 나타났다.

4. 결 론

본 논문에서 기능성 분자전자소자에서 유기절연막으로의 가능성이 있는 인지질 L- α -DLPC의 제막조건을 구하고 물성평가에 대하여 연구한 결과 적당한 누적량과 압축속도를 구하고 제막방식, 다층막의 누적확인을 위한 광물성의 측정 등의 결과로서 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 상온에서 적정한 pH 범위의 수면상에서 적당한 누적량과 낮은 압축속도에서 가장 좋은 제막조건과 Target pressure 그리고 최소극한 분자점유면적을 얻었다.
2. 압력이 급상승하는 부분에서 일직선을 그어서 구해지는 1분자당 면적을 $30\mu\text{l}$, $35\mu\text{l}$, $40\mu\text{l}$ 에서 비교한 결과 DLPC 주입량이 많을수록 극한면적이 적어지게 되었으며 본 연구의 경우 $40\mu\text{l}$ 일때 적당하게 되었다.
3. 압축속도가 감소하게 될수록 π -A 곡선상의 단면적이 적어졌으며 단분자막의 극한면적은 감소하게 되어 압축속도가 낮은 저속에서 더욱 안정한 고상의 박막을 얻을 수 있었다.
4. 표면압력 50mN/m에서 L막은 수조면적이 변함없이 유지되므로 최적의 상태로 압축됨을 알 수 있었고 수면상의 단분자의 밀도가 더욱 더 조밀하게 되었으며 시간의 증가에 따른 압력의 변화는 속도가 적을때보다도 속도가 빠를때 더 크게 나타났다.
5. 전이비에서 Y-Type의 누적은 하강시 좋지 않았고 Z-Type의 누적이 구조적으로 안정한 제막을 가능하게 하였다.
6. UV-spectrum의 관찰로 다층의 제막이 실현됨을 확인할 수 있었다.

※ 본 연구는 1995년도 조선대학교 학술연구비의 지원에 의해서 연구되었음.

참 고 문 헌

1. M. Iwamoto, A. Fukuda "Charge storage phenomena and I-V characteristics observed in ultrathin polyimide Langmuir Blodgett films" Jpn. J. Appl. Phys. Vol 31(1992) PP. 1092-1096
2. S. Carrara, A. Gussoni, V. Erokhin, C. Nicolini "On the degradation of conducting Langmuir Blodgett films" Journal of materials science : Materials in electronics 6 (1995) 79-83
3. M. Iwamoto, T. Sasaki "Thermally stimulated discharge of Au/LB/Air-Gap/Au structures incorporating Cadmium Arachidate Langmuir Blodgett films" Jpn. J. Appl. Phys. Vol 29 No 3 March (1990) PP. 536-539
4. M. Iwamoto, S. Shidoh, T. Kubota, M. Sekine "Electric properties of Langmuir Blodgett films sandwiched between Pb-Bi superconducting electrodes" Jpn. J. Appl. Phys. Vol 27, No 10, October (1988) PP. 1825-1830
5. 유 승엽, 정 상범, 박 재철, 권 영수 "공중합체 LB막 MIM소자의 전기 및 유전특성" 대한전기학회 추계학술대회 논문집 1996. PP. 258-260
6. 김 태원, 신 동명, 최 강훈, 권 영수, 강 도열 "Langmuir Blodgett법을 이용한 유기 초박막의 제작조건 및 분자배향에 관한 연구" 전기전자재료학회지 43권 2호 1994.2. PP. 303-310
7. H. Kumehara, T. Kasuga, T. Watanabe, S. Miyata "Fabrication of copoly (methacrylic acid-methylacrylate) LB films using LB trough of moving wall type" 89 Fourth international conference on LB films. April. (1989) PP. 226-227
8. 김 광호, 노 승배, 심 우만, 안 용근, 오 문현, 최 무영 "생화학 실험" 양서 각. PP. 48-53

저자 소개

이우선



1952년 1월 23일생. 1994년 조선대학교 전기공학과 졸업. 1984년 중앙대학교 대학원 전기공학과(공박). 1982년-83년 Univ. of Massachusetts 문교부 파견교수. 1989년-90년 Purdue Univ. 과학재단 파견 Post Doc. 1992년 7월-8월 일본 동경공업대학 객원교수. 현재 조선대학교 공대 전기공학과 교수. 당 학회 평의원 및 재무이사.

이창주



1940년 7월 26일생. 1966년 조선대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 조선대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 미국 Missouri Columbia대학교 전기공학과 객원교수. 1997년 현재 조선대 공대 전기공학과 교수.

정용호



1967년 6월 30일생. 1991년 조선대학교 전기공학과 졸업. 1991년- 현재 조선대학교 대학원 전기공학과 박사과정. 현재 서광전문대 전임강사.

김남오



1967년 2월 9일생. 1994년 조선대학교 전기공학과 졸업. 1996년 조선대학교 전기공학과 석사. 1996년-현재 동 대학교 대학원 전기공학과 박사과정.

이경섭



1956년 11월 9일생. 1983년 2월 조선대학교 전기공학과 졸업. 1991년 2월 동 대학원 전기공학과(공박). 1994년 2월-95년 2월 동경공업대학 전자물리공학과 객원연구원. 1988년-1996년 현재 동신대학교 전기전자공학과 부교수. 당 학회 편수이사.

장의구



1943년 3월 9일생. 1972년 중앙대학교 전기공학과 졸업. 1975년 2월 중앙대학교 전기공학과 석사. 1983년 2월 동 대학교 전기공학과 공학박사. 1987년 1월-88년 1월 Arizona 주립대 연구교수. 현재 중앙대학교 전기공학과 교수. 당 학회 총무이사.

김태성



1935년 11월 29일생. 1959년 2월 전남대학교 전기공학과 졸업. 1981년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1983년 7월 일본 청산대학원대학 전기공학과 연구교수. 1989년 7월 일본 동경공업대학 전기공학과 연구교수. 1995년-현재 전남대학교 전기공학과 교수. 당 학회 부회장.