

PBLG와 PBDG단분자막의 전기특성에 관한 연구

김병근*, 조수영*, 이정섭**

*동신대학교 대학원 전기전자공학과 **동신대학교 정보과학대학 전기광전자공학부

A Study on the Electrical Properties of PBLG and PBDG monolayers

Beyung-Geun Kim*, Su-Young Cho*, Kyung-Sup Lee**

*Dept. of Electrical & Electronics Eng. Dongshin Univ. grad

**Dept. of Electrical & optoelectronics Eng. Dongshin Univ

Abstract - Recently, the study on development of electrical and electronic device is done to get miniature, high degrees of integration and efficiency by using inorganic materials. the study of Langmuir-Boldgett(LB) method that uses organic materials because of the limitation for the ultra small size.

In this paper, detected displacement current using PBLG and PBDG, deposition and observed the electrical characteristics to each 1, 3, 5, 7, 9 layers by LB method.

Maximum value of change ratio of displacement current by the detected speed and temperature appeared almost lineally, could confirm that it are in comparison relation each other speed-temperature and displacement current.

The structure of manufactured device is MIM. Also, we then examined of the MIM device by means of I-V. The I-V characteristic of the device is measured from 0 to +2[V]. The insulation property of a thin film is better as the distance between electrodes is larger.

1. 서 론

최근 바이오 센서 및 전기전자 산업분야에서 고밀도 다기능 초소형 디바이스의 필요성이 대두되면서 상온, 상압하에서 저에너지로 유기재료를 이용하여 박막의 제작이 용이한 유기박막은 분자레벨에서 그 배향·배열을 비교적 쉽게 조절할 수 있기 때문에 전자소자, 광학소자, 생체기능성소자 및 바이오센서 등의 기능성 소자로서의 신소재 개발·응용에 대한 분야에서 활발한 연구가 이루어지고 있다.¹⁾⁻³⁾

전기, 전자 및 정보통신 산업에 전자 device로서 분자 electronics라는 유기 분자 집합체에 전자 device 기능을 갖게 하는 초박막 형성 기술의 하나로 LB(Langmuir Blodgett)막을 이용한다. 수면위에 형성된 박막을 고체기판에 누적하여 전기전자 디바이스 응용에 대한 연구는 수면위에 전개된 분자들이 어떠한 상태로 움직이는가에 대한 물성을 평가하는 것이 선행되어야 한다. LB법은 수면위에 형성된 유기 단분자층을 고체 기판상에 한층씩 이동시켜 박막을 만드는 방법으로 분자 배열의 제어가 가능한 특징을 가지며 분자 order막 구축이 가능하다.⁴⁾⁻⁶⁾

따라서, 본 연구에서는 생체재료로 알려진 PBLG(Poly-γ-Benzyl-L-Glutamine)와 PBDG(Poly-γ-Benzyl D-Glutamate)를 시료로 사용하여 외부자력에 의한 표면압, 변위전류, 쌍극자 모멘트 등을 검출하여 분자의 동적 거동을 알아보고, LB법으로 Au/LB막/Al구조의 디바이스를 제작하여 전기적 특성을 비교 분석하였다.

2. 이론 및 실험

2.1 변위전류 측정

유기단분자를 수면위에 전개하여 외부자력을 인가하면 박막의 상태와 구조가 변화하는데 분자수 N과 쌍극자모멘트의 수직성분 m_z의 변화량에 의해 전하 Q를 유기하고 유기된 전하가 시간에 의하여 변화할 때 변위전류 I는 식(1)과 같이 구할 수 있다.⁶⁾⁻⁷⁾

$$I = -dQ/dt = (S/d)(m_z dN/dt + N dm_z/dt) \quad (1)$$

여기서 S는 상부전극의 면적 d는 상부전극 l과 수면과의 거리, m_z는 쌍극자 모멘트의 수직성분이다.

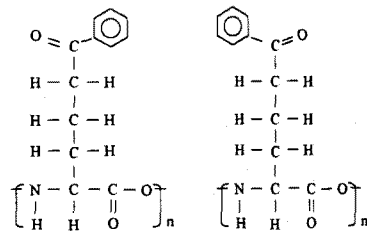
2.2 전압-전류 특성

정전용량이 충전 후 흐르는 전류는 누설전류이며 누설 전류는 일정한 시간 동안 직류전압을 인가하여 측정함으로써 얻을 수 있다. 누설 전류는 전압과 온도가 증가함에 따라 급격히 증가하고 시험 전압에서 누설전류로부터 캐패시터의 저항을 계산 할 수 있으며 캐패시터스의 절연저항 R_{leakage}는 식 (2)와 같다.

$$R_{leakage} = (V_{test} / I_{leakage}) \times C \quad (2)$$

여기서, R_{leakage} : 누설저항
V_{test} : 인가전압
I_{leakage} : 누설전류
C : 정전용량

2.3 실험



a) PBLG (b) PBDG

그림 1. 분자구조 Fig. 1. Molecule structure

그림 1의 두 시료는 거울상 이성질체로서 일반적으로 물리적 성질과 화학적 성질이 거의 일치할 수도 있고 정반대의 성질을 갖을 수도 있다고 알려져 있다. PBLG와 PBDG는 생체막내의 지질과 유사한 인공지질로서 지방질의 소수기와 Carboxyl(COOH)기를 갖는 친수기 물질로 구성되어 있으며 각각에 시료를 Chloroform을 용매로 사용하여 각각 1mmol/l, 0.1mmol/l 농도로 조성하였으며 20°C, pH 6.0의 순수한 물에 전개시켜 측정하였다.

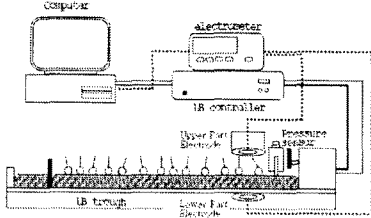


그림 2. 측정장치
Fig. 2. Apparatus of measurement

그림 2는 수면상에서 단분자막의 표면압 및 변위전류와 다이폴 모멘트를 측정하기 위한 장치로서 상부전극(Electrode1)은 산화인듐(In_2O_3)이 증착된 면적 $45.6[\text{cm}^2]$ 의 ITO glass를 사용하였으며 noise 방지를 위하여 스테인레스 스틸로 Shield처리 하였으며 또한 수면과의 간격조정 및 LB막 제막시 탈착이 용이하도록 제작되었다. 하부전극(Electrode2)은 금선으로 수면내부에 설치하였다.

상부전극에서 검출된 변위전류는 전류계(Keithley 6517 electrometer)로 측정하였으며 변위전류 측정은 수면위에 시료를 전개한 후 약 10분정도 유기단분자막의 안정시간을 유지한 후 각각 barrier의 속도(30, 40, 50 mm/min) 와 온도를 (15°C, 20°C, 25°C)를 변화시켜 가면서 측정하였다.

그림 3은 Cr-Au/LB막/Al의 MIM구조의 디바이스이며 실험에 사용된 기판은 Slide glass($13 \times 38 \times 1 \text{mm}$)이며, 하부전극으로는 Cr과 Au를 $2.1 \times 10^{-5} \text{ torr}$ 에서 증착한후 친수처리를 하였다. 수면위에 시료를 전개한 후 약 10분 정도의 안정시간을 유지한후 barrier speed 20mm/min, dipper speed up - 5mm/min, down - 8mm/min의 속도로 압축하여 제막하였으며, 상부전극으로는 Al을 $2.3 \times 10^{-5} \text{ torr}$ 에서 진공증착하였으며 누적된 LB막의 I-V 측정은 electro-meter (Keithley Instruments, Ins,model 6517)를 사용하여 0~+2[V]범위에서 0.2[V]씩 승압하여 측정하였다. ×

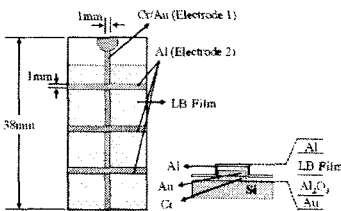
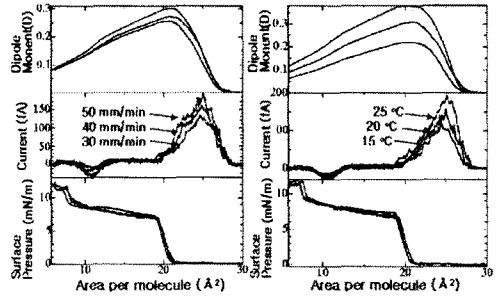


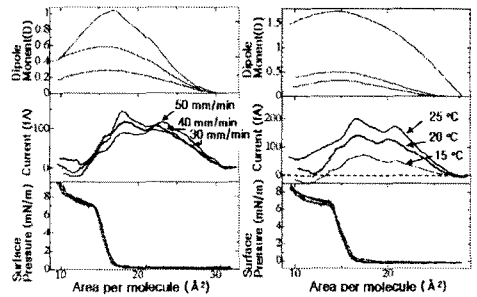
그림 3. MIM 구조
Fig. 3. MIM structure

3. 결과 및 고찰

그림 4와 5는 PBLG, PBDG 단분자막 수면에 전개시킨 후 Barrier의 속도와 온도를 변화시켰을 때의 결과이다.



(a) 속도 (b) 온도
그림 4. 외부자극에 따른 변위전류(PBLG)
Fig. 4. Displacement current by Stimulus Reaction (PBLG)

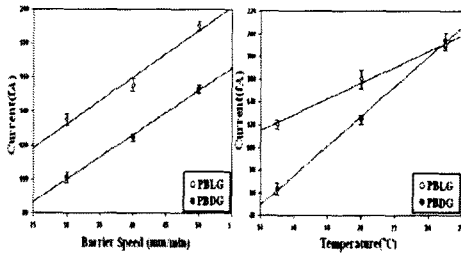


(a) 속도 (b) 온도
그림 5. 외부자극에 따른 변위전류(PBDG)
Fig. 5. Displacement current by Stimulus Reaction (PBDG)

분자의 점유면적은 각각 $30 \text{Å}^2 \sim 10 \text{Å}^2$, $32 \text{Å}^2 \sim 10 \text{Å}^2$ 부근까지 압축하였으며 그림 4 (a)의 Barrier 속도변화에 따른 변위전류의 최대값은 30[mm/min]-135[fA], 40[mm/min]-155[fA], 50[mm/min]-190[fA] 그림 4 (b)의 온도변화에 따른 변위전류의 최대값은 15°C-약 120[fA], 20°C-약 160[fA], 25°C-190[fA]로 검출되었으며 그림 5 (a)의 Barrier 속도변화에 따른 변위전류의 최대값은 압축속도 30[mm/min]-100[fA], 40[mm/min]-125[fA], 50[mm/min]-150[fA] 그림 5 (b)의 온도변화에 따른 변위전류의 최대값은 15°C-약 65[fA], 20°C-약 125[fA], 25°C- 195[fA]로 검출되었다. 또한 표면압은 PBLG-약 22 mN , PBDG- 약 17 mN 부근에서 변화하였다. 실험결과로 미루어볼 때 압축을 시작한 후 변위전류의 발생형태는 쌍극자 모멘트의 변이형태와 잘 일치하였으며 이는 자격속도가 빠를수록 분자의 운동이 급속하게 이루어진 결과라고 생각된다. 표면압이 변화하지 않은 상태에서 변위전류와 쌍극자 모멘트가 변화하는 기상상태와 변위전류 최대값 부근의 액상상태 및 고상상태의 확연한 상전이 현상이 나타남을 알 수 있었다.

그림 6은 속도와 온도에 따른 변위전류의 변화 비율을

나타낸 것이다. 여기서 변위전류의 최대값이 거의 선형적으로 나타나는 것으로 미루어 볼 때 속도, 온도와 변위전류가 서로 비례관계에 있음을 확인할 수 있었다. 또한 거울상 이성질체에서 조성 몰수가 더 큰 PBLG의 변위전류가 더 크게 나타남을 알 수 있었다.

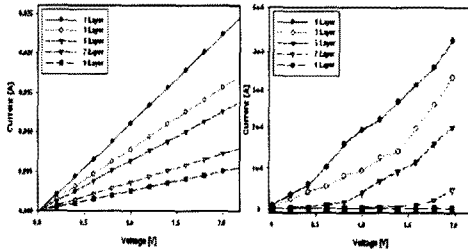


(a) 속도

(b) 온도

그림 6. 변위전류 변화량

Fig. 6. The change amount of displacement current



(a) PBLG

(b) PBDG

그림 7. I-V특성

Fig. 7. I-V characteristics

그림 7은 각각 1, 3, 5, 7, 9층을 누적한 Au/LB막/Al 디바이스에 전압을 인가하여 검출된 I-V특성이다. 인가전압에 따라 전류는 비례하여 증가하였으며, 누적층수가 많을수록 전극과의 거리가 클수록 최대전류의 크기가 적게 나타남을 알 수 있었다. 1층인 경우에는 비교적 저전계 영역에서 ohmic특성이 명확하게 나타나지 않았으며, 누적층수가 증가함에 따라 전극사이의 거리가 증가함으로써 발생 전류도 적게 나타나는 것을 알 수 있었다.

또한 발생전류값은 1mmol/l로 조성된 PBLG가 0.1mmol/l로 조성된 PBDG보다 상대적으로 크게 나타났으며, 이는 spread volume을 같게 하여 제막을 하였을 경우 조성 몰수가 더 큰 PBLG의 전기적 특성이 더욱 명확하게 나타난다고 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 생체재료로 알려진 PBLG(Poly- γ -Benzyl L-Glutamine)와 PBDG(Poly- γ -Benzyl D-Glutamate)를 이용하여 L막에 외부자격을 인가하여 변위전류를 검출하였으며, LB법에 의하여 각각 1, 3, 5, 7, 9층으로 누적하여 그 전기적 특성을 관찰하였다.

검출된 속도와 온도에 따른 변위전류의 변화 비율은 최대값이 거의 선형적으로 나타났으며, 속도·온도와 변위전류가 서로 비례관계에 있음을 확인할 수 있었다. 또한 거울상 이성질체에서 조성 몰수가 더 큰 PBLG의 변위

전류가 더 크게 나타남을 알 수 있었다.

제작된 디바이스에 0[V]~2[V]범위에서 0.2[V]씩 승압시켜 가면서 I-V를 측정한 결과, 인가전압에 따라 전류는 비례하여 증가하였으며, 누적층수가 많을수록 전극과의 거리가 클수록 최대전류의 크기가 적게 나타남을 알 수 있었다. 또한 발생전류값은 1mmol/l로 조성된 PBLG가 0.1mmol/l로 조성된 PBDG보다 상대적으로 크게 나타났으며, 이는 spread volume을 같게 하여 제막을 하였을 경우 조성 몰수가 더 큰 PBLG의 전기적 특성이 더욱 명확하게 나타난다고 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] O. Albrecht, H. Gruler and E. Sackmann, "Polymorphism of Phospholipid Monolayers," vol. 39, pp. 301-313, 1978.
- [2] G. Roberts, "Langmuir-Blodgett Films", Plenum, New York, 1990.
- [3] Keiji Ohara and Masaaki Nakajima, "Displacement current generated during compression of fatty acid and phospholipid monolayers at the water-air interface", Thin Solid Films, 226, pp. 164-172, 1993.
- [4] Mitsumasa Iwamoto, Yoshinobu Mizutani, Akihiko Sugimura, "Calculation of the dielectric constant of monolayer films on a material surface", Phys. Rev., B Vol 54, No 11, pp 8186-8190, 1996
- [5] Mitsumasa Iwamoto and Chen-Xu Wu, "Analysis of dielectric relaxation phenomena with molecular orientational ordering in monolayers at the liquid-air interface", Phys. Rev., E Vol 54, No 6, pp 6603-6608, December 1996
- [6] Keiji Ohara and Masaaki Nakajima, "Displacement current generated during compression of fatty acid and phospholipid monolayers at the water-air interface", Thin Solid Films, 226, pp. 164-172, 1993
- [7] Kyung-Sup Lee and Mitsumasa Iwamoto, "Maxwell Displacement Current across Phospholipid Monolayers at the Air/Water Interface", Journal of colloid and interface science 177, pp. 414-418, 1996.