

IMI-O 고분자 LB막의 전기적 특성

Electrical Properties of LB Films by Using IMI-O Polymer

정상범* 동아대학교 전기공학과
유승엽 동아대학교 전기공학과
박재철† 영진전문대학 전자과
이범종†† 인제대학교 화학과
권영수 동아대학교 전기공학과

Sang-Bum Jung* Dept. of Electrical Eng., Dong-A University
Seung-Yeop Yoo Dept. of Electrical Eng., Dong-A University
Jae-Chul Park† Dept. of Electronics, Yeungjin Junior College
Bum-Jong Lee†† Dept. of Chemistry, Inje University
Young-Soo Kwon Dept. of Electrical Eng., Dong-A University

Abstract

In this paper, we synthesized poly(N-(2-4-imidazolyl) ethyl) maleimide-alt-1-octadecene(IMI-O) polymer that can have function group and improvement of mechanical strength and then confirmed the possibility of molecular device made by LB method. Evaluation of LB film have been processed such as the technique of EA, ¹H-NMR, FT-IR. Also, the deposition status was observed by SEM and Metal/Insulator/Metal(MIM) device was fabricated for investigation of electric properties. In our experimental results. The surface pressure for the solid state was investigated to 20~35[dyne/cm] by the π -A isotherm and the limiting area was about 40~45 [\AA^2 /molecule]. The deposition status of LB films was confirmed by SEM. The conductivity of LB film was found to be 10^{-14} ~ 10^{-13} [S/cm] by I-V characteristic.

1. 서 론

최근 나노미터 크기의 '분자전자(Molecular Electronics)' 라고 하는 새로운 개념이 주목을 받고 있다. 이것은 유기 분자를 이용하여 분자 1개가 가진 기능을 전자 디바이스로서 활용하려고 하는 것이다. 이를 위해서는 유기 분자의 초박막 기술이 필요하다. 초박막 기술의 하나로서는 Langmuir-Blodgett(LB)법이 널리 알려져 있다.[1] LB 법은 다른 박막 기술과 비교하여 분자 order로서 제어가 용이하며, 분자의 배열·배향이 자유로운 장점을 가지고 있기 때문에 LB법을 이용한 기능성 유기 박막의 광학적, 전기적, 자기적 성질을 응용한 광·전기 박막소자, 센서, 디스플레이 등의 분

야에서 많은 연구가 이루어 지고 있다.[2]

본 연구에서는 이미다졸기가 있는 IMI-O을 시료로 하여 단분자막의 거동 및 π -A 등온선을 조사하였으며, LB막의 구조 및 누적 확인은 FT-IR, SEM 등으로 확인하였다. 또한, Metal / Insulator / Metal (MIM) 소자를 구성하여, MIM소자에 대한 전압-전류 특성을 조사하였다.

2. 시료 및 실험방법

본 연구에서 사용된 시료 IMI-O는 poly(maleic anhydride-alt-1-octadecene)과 histamine을 1-Methyl-2-Pyrrolidinone에 녹여 150°C에서 24시간 반응시킨 후, H₂O, THF, Acetone, Methanol에서 두

반응물을 완전히 제거한 것으로 시료의 분자 구조도는 그림 1과 같다.

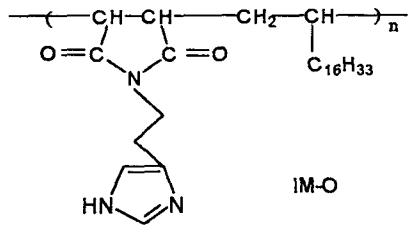


Fig. 1 Molecular structure of IMI-O.

시료의 구조 분석은 EA, ¹H-NMR, IR로 확인하였고, 고분자의 열적 성질은 DSC, TGA로 확인하였다.[3] 막의 상태 관찰을 위하여 FT-010 membrane filter에 누적한 후 전자 현미경(SEM)으로 조사하였다.

그림 2는 측정용 소자의 구조도이다. 세척한 기판에 하부전극으로 알루미늄(Al)을 6×10⁻⁵Torr의 진공에서 증착하면 하부전극 위에 자연산화막 Al₂O₃가 자연생성된다. 그 위에 일본 NLE사의 LB막 누적 장치(moving wall type, NL-LB200-MWC)로 3, 5, 7, 9층을 누적한 후, 상부 전극으로 Si를 6×10⁻⁵ Torr의 진공에서 증착하였다.

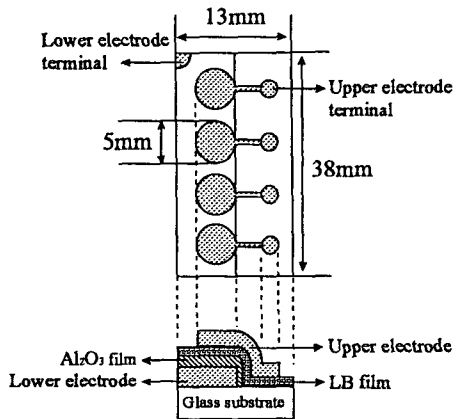


Fig. 2 Schematic diagram of Metal/Insulator/Metal device.

그러므로, 본 연구에 사용된 소자의 구조는 Al / Al₂O₃ / LB Films / Al 구조이다. 전압-전류 특성은 dc power supply와 Keithley 6517 electrometer를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 3은 합성된 시료의 수면상 거동을 확인 및 누적 조건을 조사하기 위해, LB막 누적 장치 trough의 초순수 증류수 표면위에 시료를 전개하여 측정된 π-A 등온선이다. barrier를 일정한 속도로 압축함에 따라 기체, 액체, 고체상으로의 상전이를 잘 보여주고 있으며, 안정한 단분자막이 형성되는 것을 확인하였다. π-A 등온선에서 얻어지는 분자 하나가 차지하는 면적인, 극한 단면적은 40~45[Å²/mole]였으며, 본 실험에 사용한 최적누적조건은 표 1과 같다.

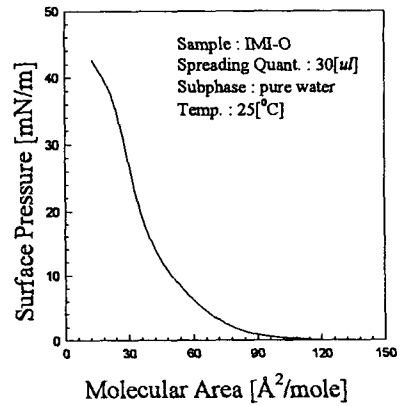


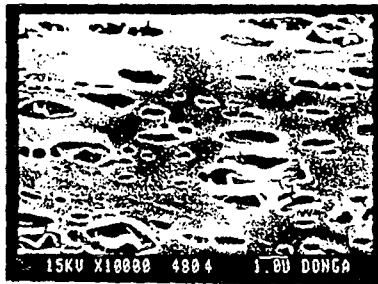
Fig. 3 π-A isotherms of IMI-O.

Table 1 Deposition condition of IMI-O

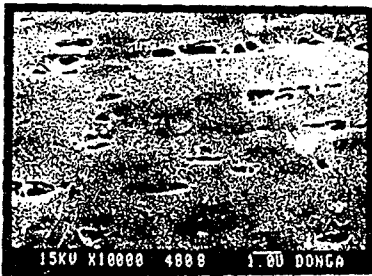
Material	IMI-O
Spreading quantity	30 [μl]
Barrier speed	20 [mm/min]
Dipping speed	Up : 50 [mm/min]
	Down : 50 [mm/min]
Temperature	25 [°C]
Surface pressure	30 [mN/m]
Subphase	Pure water [pH 5.4]

그림 4는 FT-010 membrane filter위에 2, 4, 6, 8층으로 누적하여 전자 현미경으로 막의 상태 관찰 결과를 나타낸 것으로 순수 하층액에서 2층 누적시에는 기판의 표면 구멍이 관찰되었고, 6층, 8층 누적시 표면 구멍이 전체적으로 피복되었음을

알 수 있었다. 이는 비교적 안정한 막이 형성되었음을 간접적으로 확인할 수 있었다.



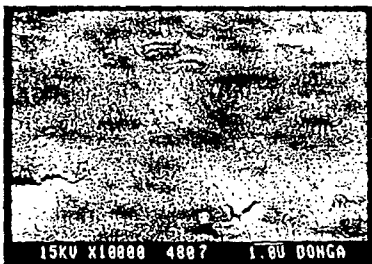
(a) 2 layer



(b) 4 layer



(c) 6 layer



(d) 8 layer

Fig. 4 SEM photographs of IMI-O LB films.

그림 5는 제작된 시료에 대한 정전용량(C)을 주파수 1(KHz)에서 각 층별로 측정하여 LB막의 누적층수(N)와 시료의 정전용량의 역수(1/C)의 관계를 나타낸 것이다. 즉, 시료의 정전용량 C와 Al₂O₃의 정전용량 C_{ox}, LB막의 정전용량을 C_{LB}라고 하면 소자의 용량은 다음과 같다.[4]

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_{LB}} \cdot N \quad (1)$$

그림 5의 결과는 1/C~N의 비례하는 특성을 나타내고 있으므로 LB막의 누적층수가 층수별로 잘 누적된 것을 나타내고 있다. 그림 5에서 Y축의 절편(1/C_{ox} = 2×10⁶F⁻¹)으로부터 Al전극에 형성된 자연 산화막의 두께(d_{ox})를 계산할 수 있는데,[5] 계산한 두께는 25~30Å이었다.

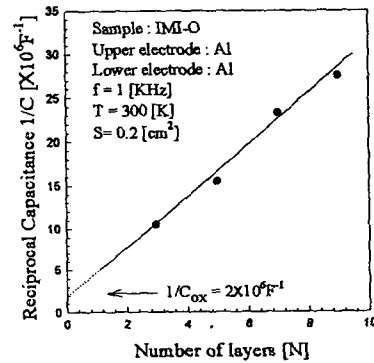


Fig. 5 Number of layer vs. reciprocal capacitance of LB films.

그림 6는 전압-전류 특성으로서 전압을 인가한 후 2분후의 전류값을 plot한 것이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 동일한 전압인가에 대해 전류값은 누적층수가 증가할수록 감소하는 현상을 나타내고 있으므로 LB막의 누적이 양호하다는 것을 알 수 있다.

그림 6에서 I-V특성에서 오믹영역의 기울기로부터 수직방향의 도전율(σ)을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\sigma = \frac{d_{ox} + l \cdot N}{R_N \cdot S} \quad (2)$$

여기서, l은 LB막 1층의 두께, R_N은 N층의 저항

값, S 는 전극면적이다. 식 (2)에 의해 도전율(σ)을 계산하면 $10^{-14} \sim 10^{-13}[\text{S/cm}]$ 정도이었다. 따라서 본 실험에서 제작된 LB막의 경우 절연성 물질에 상당한 크기의 저항값을 가지는 것으로 생각된다.[6]

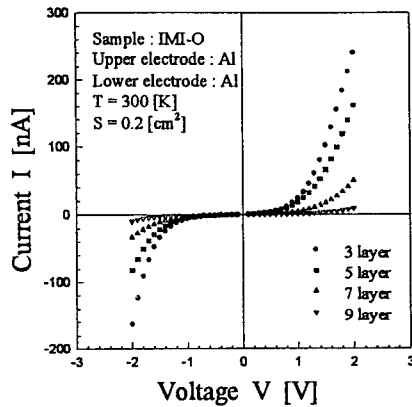


Fig. 6 I-V characteristics of LB films.

4. 결론

본 연구에서는 이미다졸기가 있는 IMI-O 고분자를 합성하고, LB법에 의한 기능성막을 제작하였다. EA, $^1\text{H-NMR}$, IR 등으로 LB막의 구조, 누적 특성평가하였고, MIM소자를 제작하여 LB막의 전압-전류 특성을 조사하였다. 실험결과로서, π -A 등온선에서 IMI-O 고분자의 고체상이 되는 표면압은 $20 \sim 35$ [mN/m]이었고, 극한 단면적은 약 $40 \sim 45$ [$\text{Å}^2/\text{mole}$]이었다. SEM을 통해 막의 상태를 조사한 결과, 안정한 막이 형성되었음을 간접적으로 확인할 수 있었다. 누적층수에 대한 정전용량 C 의 관계에서도 누적층수에 따라 양호하게 이루어짐을 확인할 수 있었다. 전압-전류 특성으로부터 LB막의 도전율은 $10^{-14} \sim 10^{-13}[\text{S/cm}]$ 정도로 절연성 물질이었다.

본 연구는 한국과학재단연구비 (과제번호 : 951-0911-004-2)의 지원에 의해 수행되었음

5. 참고문헌

- [1] F.L. Carter, "Molecular Electronics Devices", Marcel Dekker, New York, 1982
- [2] 권 영수, "분자소자", 전자공학회지 16권 5호, p.434, 1989

- [3] Y.S. Kwon et al., "Polymeric Langmuir-Blodgett Films Containing Imidazole Functional Groups", Proc. of '96 7th Molecular Electronics Symposium, pp.167~174, 1996
- [4] Y.S. Kwon, M. Kushina and T. Hino, "Generation of Potential Well in LB Hetero films", Trans. IEE Jpn. 110-A, p.630, 1990.
- [5] 권 영수의 4명, "LB초박막의 누적기술과 이방성 전기 전도", 전기학회논문지 40권 1호, pp.82~90, 1991.
- [6] Yasaku Wada, "Electrical Properties of Polymers", Shokabo, Tokyo, p.113, 1987