

이온농도에 의한 IMI-O 고분자 LB막의 전기특성

Electrical Properties of IMI-O Polymeric LB Films Using Ionic Concentration

정상범* 동아대학교 전기공학과
유승엽 동아대학교 전기공학과
박재철 영진전문대학 전자과
권영수 동아대학교 전기공학과

Sang-Burm 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
Young-Soo Kwon Dept. of Electrical Eng., Dong-A University

Abstract

we synthesized the polymer that can have function group and improvement of mechanical strength and then confirmed the possibility of molecular device made by LB method. In this paper, the π -A isotherm has been investigated as to the kinds and various concentrations of the metal ions complexed with imidazole group. The experimental results for the electrical properties of MIM fabricated has been obtained as following. There is no change in limiting area as to the kinds of the metal ions, also the shift of conductivity as to the metal ions couldn't be observed, which was 10^{-14} [S/cm]. There are some changes in limiting area as to the concentration of the metal ions, the conductivity shift was increased with the occupied molecular area.

1. 서론

다가오는 21세기에는 현재의 소자 제작기술의 한계를 초월하는 새로운 기술적 진보가 이루어 질 것으로 기대된다. 이러한 기대에 대한 새로운 개념이 분자전자(Molecular Electronics)라 할 수 있고, 이에 대한 후속 연구개발이 큰 관심을 끌고 있다.[1] 분자전자라는 개념은 나노미터(nanometer)의 크기를 갖는 기능성 유기분자를 단위 전자소자로 이용한다는 기본적 개념에서 시작하였다. 이러한 관점에서 볼 때, 물질 기능의 최소 단위인 분자 하나 하나가 양자 구조를 이루고 있는 것을 특징으로 하는 분자성 유기 물질은 미래 고성능 전자 소자로서 가장 큰 가능성을 갖고 있다고 할 수 있다. 이러한 분자전자의 실현을 위해서는 기능성 소재 개발, 분자조립기술, 분석/평가 기술 등이 필요하다.[2] 따라서 본 논문에서는 기계적·열적으로 안

정하며, 이미다졸기가 있는 poly(N-(2-4-imidazolyl)ethyl)maleimide-alt-1-octadecene (IMI-O) 고분자를 사용하였고, 분자 조립 기술로는 분자 order로서 제어가 용이하며, 분자의 배열·배향이 우수한 Langmuir-Blodgett(LB)법을 이용하였다. LB법에 의해 제작된 박막을 Metal/Insulator/Metal(MIM)소자로 제작하여 전기적 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.[3] 또한, 하층액으로는 초순수와 Mg²⁺, K⁺, Fe³⁺의 금속이온을 사용하였다.

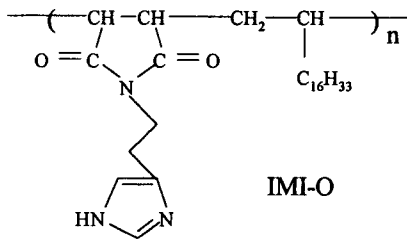


Fig. 1 Molecular structure of IMI-O.

그림 2는 측정용 소자의 구조도이다. 세척한 기판에 하부전극으로 알루미늄(Al)을 6×10^{-5} Torr의 진공에서 증착하면 하부전극 위에 자연산화막 Al_2O_3 가 자연생성된다. 그 위에 일본 NLE사의 LB막 누적 장치(moving wall type, NL-LB200-MWC)로 누적한 후, 상부 전극으로 Si를 6×10^{-5} Torr의 진공에서 증착하였다. 그러므로, 본 연구에 사용된 소자의 구조는 Al/ Al_2O_3 /LB Films/Al 구조이다. 전압-전류 특성은 dc power supply와 Keithley 6517 electrometer를 사용하여 측정하였다.

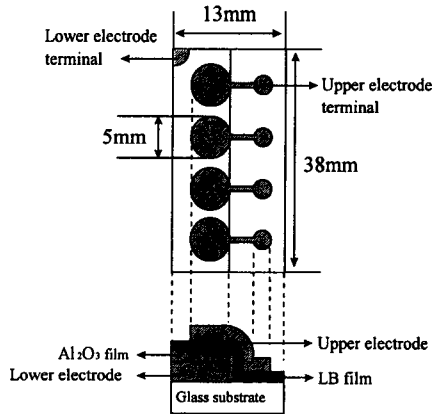


Fig. 2 Schematic diagram of Metal/Insulator/Metal device.

3. 결과 및 검토

초순수와 Mg^{2+} , K^+ , Fe^{3+} 의 금속 이온을 가진 수용액에 전개하여 조사한 π -A 등온선은 이미 조사하여 발표한 바와 같이[4], 안정한 단분자막을 형성한다. 금속이온이 고분자의 친수기부분인 이미다졸기와 결합하여 친수기부분을 약화시킴으로서 금속 이온을 가진 수용액의 단분자막은 순수일 때의

단분자막과 비교하여 collapse되는 표면압이 저하하였다.

그림 3은 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 Al_2O_3 의 정전용량 C_{ox} , LB막의 정전용량을 C_{LB} 라고 하면 소자의 용량은 다음과 같다.[5]

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

그림 3의 결과는 $1/C \sim N$ 의 비례하는 특성을 나타내고 있으므로 LB막의 누적이 층수별로 잘 누적된 것을 나타내고 있다. 하층액이 금속 이온일 때의 정전용량은 거의 비슷하나, 순수와 비교하여 층수가 증가할수록 금속 이온의 착체에 의해 차이를 보여주고 있다. 그림 3에서 Y축의 절편 ($1/C_{ox} = 2 \times 10^6 F^{-1}$)으로부터 Si전극에 형성된 자연 산화막의 두께(d_{ox})를 계산할 수 있는데[6], 계산한 두께는 25~30 Å 이었다.

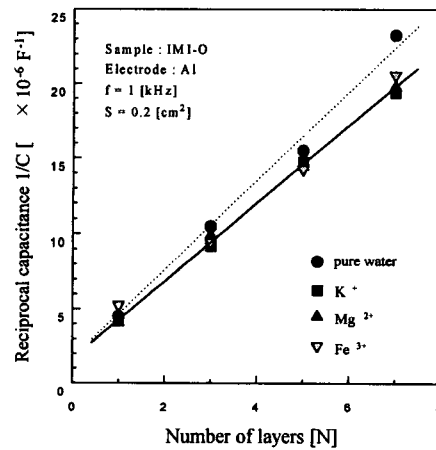


Fig. 3 Number of layer vs. reciprocal capacitance of LB films.

그림 4는 초순수와 Mg^{2+} , K^+ , Fe^{3+} 의 금속 이온에 대한 I-V특성의 기울기로 부터 구한 수직방향의 도전율(σ)을 나타낸 그림이다.

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

여기서, l 는 LB막 1층의 두께, R_N 은 N 층의 저항 값, S 는 전극면적이다. 식 (2)에 의해 초순수와 Mg^{2+} , K^+ , Fe^{3+} 의 금속 이온에 대한 도전율(σ)을 계산하면 10^{-14} [S/cm]정도로 비슷하였다.

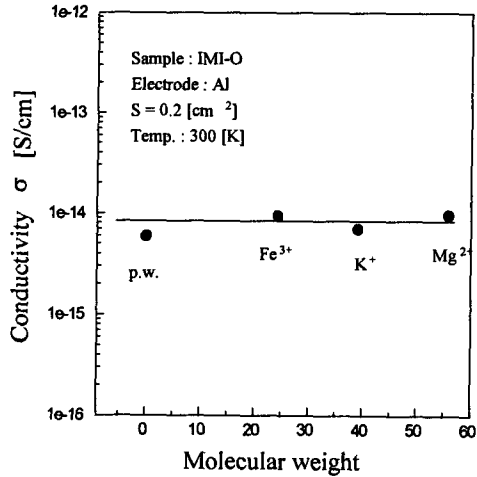


Fig. 4 Conductivities for change of various metal ions.

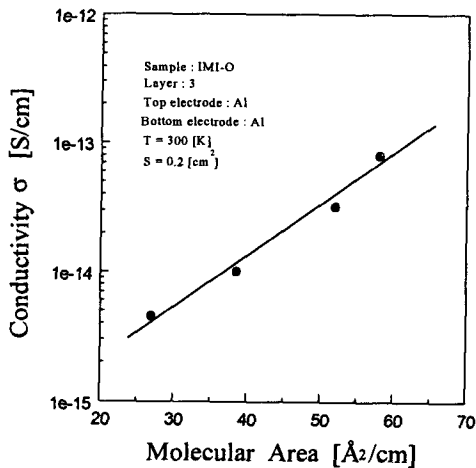


Fig. 5 Conductivities for concentration change of metal ions Fe^{3+}

한편, 금속이온 Fe^{3+} 을 몰 농도 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 [mmol]로 변화시켜 측정된 π -A 등온선의 실험 결과, 농도가 변화함에 따라서 단분자가 차지하는 극한 단면적이 변화하였다. 이러한 변화는 금속이온 농도 변화에 따른 단분자막의 거동에 의해 기인된다고 생각되지만, 보다 자세한 메카니즘은 현재 연구중이다.

그림 5는 π -A 등온선에서 표면압 25[mN/m]를 기준으로 하여 LB막 3층을 누적한 후 측정된 전압-전류 특성의 도전율을 구한 것이다. 즉, LB막의 누적시 단분자 면적에 대한 도전율을 나타낸 것으로서 분자 점유면적이 증가할수록 도전율이 증가함을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 이미다졸기가 있는 IMI-O 고분자를 금속이온의 종류와 금속 이온 농도의 변화에 대한 π -A 등온선을 조사하였으며, MIM소자를 제작하여 LB막의 전압-전류 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1) 금속이온의 종류에 대한 π -A 등온선에서는 금속이온의 변화에 대해 극한 단면적은 변화가 거의 없으며, 전압-전류 특성으로부터 조사한 도전율도 10^{-14} [S/cm]정도로 거의 변화가 없었다.

2) 금속이온의 농도에 대한 π -A 등온선에서는 농도 변화에 따라 극한 단면적은 차이가 있으며, 전압-전류 특성으로부터의 도전율도 분자 점유면적이 증가할수록 도전율이 증가함을 나타내었다.

본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원에 의해 연구되었기에 감사드립니다. (97-01-01-07-01-5)

5. 참고문헌

- [1] G. G. Roberts, "Langmuir-Blodgett Films", Plenum Press, 1990, p. 17.
- [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] H. Jeong et al., "Polymeric LB Films Containing Imidazole-Coordinated Metal Complexes", The Eighth International Conference on Organized Molecular Films, 7-p-12, 1997
- [5] Y.S. Kwon, M. Kushina and T. Hino, "Generation of Potential Well in LB Hetero films", Trans. IEE Jpn. 110-A, p. 630, 1990.
- [6] 권 영수와 4명, "LB초박막의 누적기술과 이방성 전기 전도", 전기학회논문지 40권 1호, pp. 82~90, 1991.