

IMI-O 초박막의 착체농도에 대한 유전 특성

Dielectric Properties of Complex Cconcentration in IMI-O Thin Films

정 상범, 유 승엽, 박 재철*, 권 영수

Sang-Bum Chung, Seung-Yeop Yoo, Jae-Chul Park*, Young-Soo Kwon

동아대학교 전기공학과, *영진전문대 전자과

Dept. of Electrical Eng., Dong-A University, *Dept. of Electronics, Yeungjin Junior College

Abstract

The monolayer behaviors at the air-water interface and the dielectric properties of IMI-O LB films for complex concentration were investigated by the surface pressure-area (π -A) isotherms and dielectric constant.

The molecular area was expanded with increase of metal ions concentration. It is considered that the expansion of molecular area is due to electrostatic repulsion between the polymer chains and hydrophobic increase of ionic strength. In the frequency-dependent complex dielectric constant at room temperature, the real part of dielectric constant (ϵ') is about 6.0~10.0 in the low-frequency range and is decreasing slowly upto 10^4 Hz. It decreased abruptly near 10^5 Hz. It seems to be dielectric dispersion in this frequency range. Also, the imaginary part of dielectric constant (ϵ'') shows a peak in 10^5 ~ 10^6 Hz. It seems to be dielectric absorption in this frequency range.

Key Words(중요용어) : Complex concentration (착체농도), Ionic strength (이온강도), Complex dielectric constant (복소유전율), Dielectric dispersion (유전분산), Dielectric absorption (유전흡수),

1. 서 론

다가오는 21세기에는 현재의 소자 제작기술의 한계를 초월하는 새로운 기술적 진보가 이루어질 것으로 기대된다. 이러한 기대에 대한 새로운 개념이 분자전자(Molecular Electronics)라 할 수 있고, 이에 대한 연구개발이 큰 관심을 끌고 있다.¹⁾ 분자전자라는 개념은 나노미터(nanometer)의 크기를 갖는 기능성 유기분자를 단위 전자소자로 이용한다는 기본적인 개념에서 시작하였다.²⁾

유기물이 가지고 있는 기능성을 이용한 유기 초박막의 연구는 새로운 기능을 부여하는 기능성 재료의 설계 및 합성이 요구된다. 또한, 기능성 유기물을 박막화하는 기술이 필요하며, 분자들의 배

향·배열의 제어가 요구된다. 이러한 기능성 유기 박막은 광·전자소자, 분자소자, 정보처리소자, 환경 모니터링 등의 신기능 소자와 고집적 기술의 분야에서 많이 응용되고 있다.³⁾

본 연구에서 사용한 시료는 친수기 부분에 비공유 전자쌍을 포함하고 있는 poly(N-(2-4-imidazolyl) ethyl)maleimide-alt-1-octadecene (IMI-O) 고분자로서 금속이온과의 착체 형성을 이루는 이미다졸기의 기능을 가지고 있다. 이미다졸기는 생체내에서 금속의 리간드, 촉매 활성 등 다양한 역할을 수행하고 있으며, 지금까지 생물유기화학 분야 또는 생체모방화학분야에서 주로 연구되고 있다. 따라서 본 연구는 이러한 금속의 리간드로서의 역할을 이용하여 금속이온의 농도를 변화시켜 공기-물 계면에서의 고분자 거동을 π -A등온선에 의해

조사하였다. 또한 이를 metal/insulator/metal (MIM) 소자로 제작하여 금속이온의 농도에 대한 전기전도도와 유전특성의 변화를 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.⁴⁾

LB막의 제작은 moving wall type 장치 (NL-LB200-MWC)를 이용하여 Y-type으로 slide glass위에 누적하였으며, 하층액의 농도는 Fe³⁺의 금속이온을 사용하여 0.1, 1, 3, 5mmol로 조절하였다. 세척한 기판위에 하부전극으로 알루미늄(Al)을 6×10⁻⁵Torr의 진공에서 증착하면 하부전극 위에 산화막 Al₂O₃가 자연생성된다. 그 위에 LB막을 누적한 후, 상부 전극으로 Al을 6×10⁻⁵ Torr의 진공에서 증착하였다. 그러므로, 본 연구에 사용된 소자의 구조는 Al/Al₂O₃/LB Films/Al 구조이다.⁵⁾

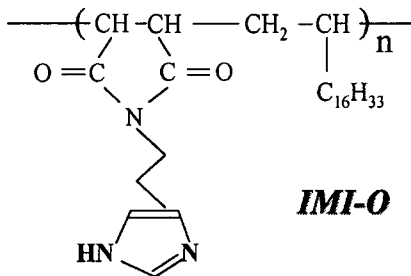


그림 1. IMI-O 고분자의 분자구조도.

Fig. 1. Molecular structure of IMI-O polymer.

3. 실험결과 및 검토

그림 2는 금속이온 (Fe³⁺)의 농도를 변화시켜 측정한 π -A 등온선을 나타낸 것이며 그림 3은 그림 2에서의 금속이온 (Fe³⁺)의 농도에 대한 극한 단면적을 나타낸 것이다. 금속이온의 농도가 증가함에 따라 단분자가 차지하는 극한 단면적이 증가함을 볼 수 있다. 이러한 변화는 금속이온 농도 변화에 따른 금속이온의 강도의 증가에 의한 단분자막의 거동의 차이에 의한 것으로 생각된다.⁶⁾

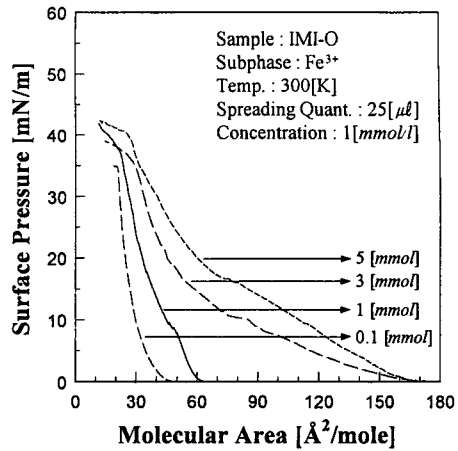


그림 2. Fe³⁺농도에 대한 π -A 등온선.

Fig. 2. π -A isotherms for concentration of Fe³⁺.

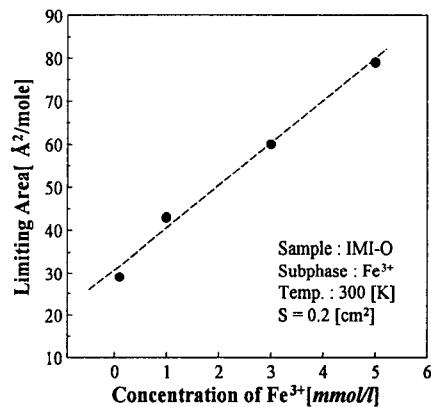


그림 3. Fe³⁺농도와 극한 단면적의 상관 관계.

Fig. 3. Relation between concentration of Fe³⁺ and limiting area.

그림 4는 하층액의 금속 이온 (Fe³⁺)의 농도에 대한 전압-전류 특성을 plot한 것으로 외부 환경에 대해 영향을 받지 않도록 차폐함 (shield box)에 넣어서 측정하였다. 그림 4에서 알 수 있듯이 금속이온의 농도가 증가할 수록 동일한 전압인가에 대해 전류값이 증가하는 현상을 나타내고 있다.

그림 5는 그림 4의 Ohmic 영역의 기울기로부터 구한 금속 이온의 농도에 대한 도전율을 나타낸 것으로서 금속이온의 농도에 의해 도전율이 증가하였다. 이것은 그림 3에 의해 극한 단면적이 증가할 수록 전기전도도가 증가한다고 볼 수 있다.

즉, 금속이온 농도의 변화에 대한 극한 단면적은

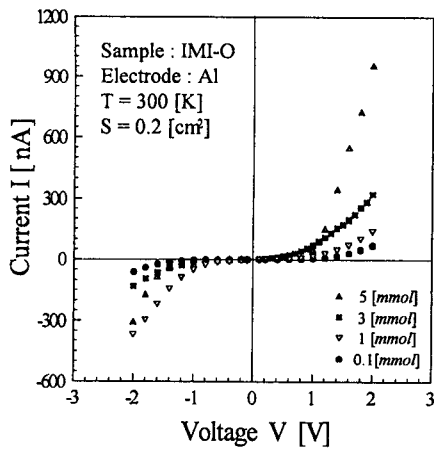


그림 4. 금속이온의 농도에 대한 전압-전류 특성.
Fig. 4. I-V characteristics of IMI-O LB films for concentration of metal ions.

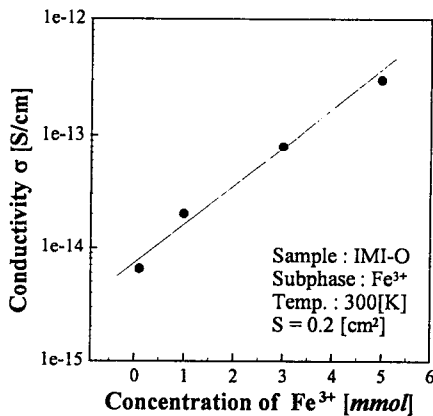


그림 5. 금속이온의 농도에 대한 전압-전류 특성.
Fig. 5. The conductivities for concentration of metal ion.

그 크기에 비례하여 전기전도도가 증가함을 나타내었다. 단분자막의 분자 거동차이가 극한 단면적의 변화에 영향을 미치고 있으며, 이로써 패킹 (packing) 상태 및 분자자체의 구조적인 변형 등으로 인하여 캐리어에 영향을 미친다고 생각된다. 이러한 영향은 전개분자와 금속이온간의 결합에 의한 극한 단면적의 변화가 전기전도도에 직접적인 관계가 있는 것으로 생각된다.

한편, 그림 4에서 정방향의 정류특성을 관측할 수 있었지만 구체적인 현상에 대해서는 현재 조사중에 있다.

IMI-O LB막의 주파수에 따른 유전현상을 알아보기 위해 Impedance Analyzer(HP 4192A LF)로 주파수(5Hz~13MHz)에 대한 conductance G와 susceptance B를 측정하여 복소 유전율 $\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''$ 을 계산하였다.⁷⁾

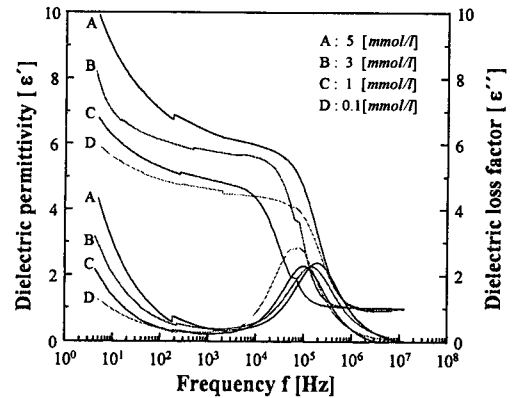


그림 6. 금속이온 농도에 대한 유전 분산과 유전 흡수.
Fig. 6. Dielectric dispersion and absorption for concentration of metal ion.

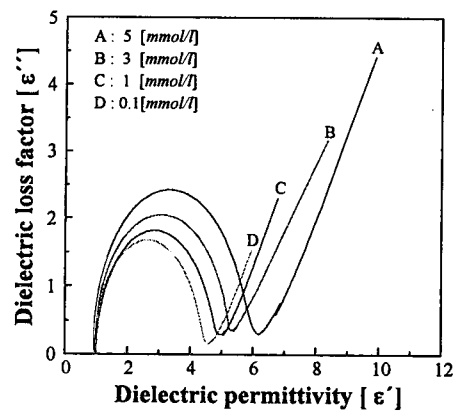


그림 7. 금속이온 농도에 대한 Cole-Cole plot.
Fig. 7. Cole-Cole plot for concentration of metal ion.

그림 6은 실온에서의 금속이온 몰 농도에 대한 복소 유전율의 변화를 나타낸 것이다. 실수부 유전율(ϵ')은 저주파수에서 6.0~10.0정도이었으나 주파수가 증가함에 따라 $1\sim 10^4$ Hz까지 서서히 감소하다가 약 10^5 Hz부터 급격히 감소하여 유전분산이 일어남을 알 수 있다. 또한, 허수부 유전율(ϵ'')은 유전분산이 일어나는 10^5 Hz대역에서 피크를 이루며 유전흡수를 나타내고 있다.

그림 7은 그림 6에 나타난 복소 유전율(ϵ^*)을 이용하여 실수부 유전율(ϵ')와 허수부 유전율(ϵ'')의 관계를 나타낸 Cole-Cole Plot이다.

한편, 허수부 유전율(ϵ'')이 최대가 되는 주파수 ω_m 과 완화시간 τ 는 식 (1)과 같다.⁸⁾

$$\omega_m = \frac{1}{\tau} \quad (1)$$

그림 6에서 금속이온의 농도가 증가할 수록 허수부 유전율(ϵ'')이 최대가 되는 주파수 ω_m 이 커지는 것을 알 수 있다. 따라서 금속이온의 증가에 의해 완화시간 τ 가 감소되는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 이미다졸기가 있는 IMI-O 고분자를 금속 이온 농도의 변화에 대한 π -A 등온선을 조사하였으며, MIM소자를 제작하여 LB막의 전압-전류 특성과 주파수 변화에 의한 유전 특성을 조사하였다.

금속 이온의 농도에 대한 π -A 등온선에서 금속 이온 농도가 증가함에 따라 단분자가 차지하는 극한 단면적이 증가하였다. 이러한 변화는 금속이온 농도 변화에 따른 금속이온의 강도의 증가에 의한 단분자막의 거동의 차이에 의한 것으로 생각된다.

금속 이온의 농도에 대한 전압-전류 특성에서 Ohmic 영역의 기울기로부터 구한 전기전도도는 금속 이온의 농도가 증가할 수록 증가하였다. 이러한 영향은 전개분자와 금속이온간의 결합에 의한 극한 단면적의 변화가 전기전도도에 직접적인 관계가 있는 것으로 생각된다.

금속 이온의 농도에 대한 유전 특성에서 금속이온의 농도가 증가할 수록 허수부 유전율(ϵ'')이 최대가 되는 주파수 ω_m 이 증가하였다. 따라서 금속이온의 증가에 의해 완화시간 τ 가 감소되는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- [1] G. G. Roberts, "Langmuir-Blodgett Films", Plenum Press, 1990, p.17.
- [2] 권 영수, "분자소자", 전자공학회지 16권 5호, p.434, 1989.
- [3] A. Ulman, "An Introduction to Ultrathin Organic Films", Academic Press, 1996.
- [4] S. B. Jung, S. Y. Yoo, J. C. Park and Y. S. Kwon, "Electric Properties of the IMI-O Polymer Complexed in Metal Ion", Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 316, pp.317-320, 1998.
- [5] S. Y. Yoo, S. B. Jung, J. C. Park and Y. S. Kwon, "Dielectric Properties of Maleate Copolymer LB Films Using MIM Device", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 32, pp.S1087-S1088, 1998.
- [6] B. J. Lee, G. Choi and Y. S. Kwon, "Interactions between maleic acids copolymers and metal ions at the air-water interface and in the LB films", Thin Solid Films, Vol. 284-285, pp.564-567, 1997.
- [7] 유승엽, 정상범, 박재철, 권영수, "말레에이트계 공중합체 LB막 MIM소자의 전기 및 유전 특성", 전기학회논문지, 46권 8호, pp.1184-1188.
- [8] 日野太郎, "電氣材料物性工學", 朝倉書店, 東京, 1985, p.121.