

통신소자 응용을 위한 MIM 구조 유기박막의 전자특성

최영일, *송진원, **이경섭
조선이공대학 메카트로닉스과, *한국기계연구원, **동신대학교 전기공학과
전화 : 062-230-8412 / 핸드폰 : 011-635-4774

Electronic Properties of MIM Structure for application in Communication Device

Young Il Choi, Jin Won Song, Kyung Sup Lee
Dept. of Mechatronics, Chosun College of Science & Technology
E-mail : yichoi@mail.chosun-c.ac.kr

Abstract

Maxwell displacement current (MDC) measurement has been employed to study the dielectric property of Langmuir-films. MDC flowing across monolayers is analyzed using a rod-like molecular model.

LB layers of Arachidic acid deposited by LB method were deposited onto slide glass as Y-type film. The structure of manufactured device is Au/Arachidic acid/Al, the number of accumulated layers are 3~9. Also, we then examined of the MIM device by means of I-V. The I-V characteristic of the device is measured from -3 to +3[V].

I. 서론

최근 산업전기전자 분야에서 처리해야할 정보의 질이 격변하고 양이 급증하면서 관련 전기전자기술이 급속하게 발달하고 있으며, 특히 소자의 대용량화, 고집적화, 박막화를 목표로 많은 연구개발이 이루어지고 있다. 유기재료를 이용한 기능성 소자의 발현은 초박막화를 통한 단분자막과 규칙적으로 배열, 배향되어진 적층막을 통해 가능하게 된다.^{[1]-[4]}

초박막 형성기술로서는 Langmuir-Blodgett(LB)법에 의한 누적배향막 형성, 광 CVD(chemical vapor

deposition)법에 의한 박막형성, 플라즈마 반응 이용의 박막 형성, 진공증착에 의한 박막형성, 이온빔을 이용한 박막형성 등이 있다. 유기초박막 형성기술중 LB법을 이용한 누적배향막은 유기 디바이스 제작을 위한 초박막을 수 Å에서 수십 Å의 두께로 형성시키기가 용이하고 다층의 유기초박막을 누적하는데 가장 유리한 방법이라고 알려져 있다. LB법을 이용하면 분자의 배향이 수직방향으로 제어된 층상구조의 초박막을 제작할 수 있으며 결함이 적은 단분자 단위로 막 두께를 제어할 수 있다. 수면위 단분자막(L막)은, 두께가 분자 한층 정도의 2차원계의 성질이고, 그 계면물질과 2차원계 시스템에 대해서 조사하는 것이 가능하다. L막을 압축 또는 확장하면, 막을 구성하는 분자가 영구쌍극자 능력을 가지기 때문에, 분자가 배향하는 과정에서 맥스웰 변위전류(MDC)가 흐른다. MDC는 전속밀도의 변화에 기인해서 흐르므로 MDC를 측정하는 것에 의해 분자의 동적 거동 관찰할 수 있다.^{[5]-[9]}

본 연구에서는, LB법을 이용하여 MIM소자를 제작하고 전기특성을 관측하여 기능성 소자로서의 응용가능성을 확인한 결과, 전기전도와 절연성을 확인할 수 있었으며, 미약한 신호의 증폭을 위하여 array type MIM 소자를 제작하고 전기특성을 관측한 결과 소자의 특성이 향상됨을 확인할 수 있었다.

II. 실험

그림 1은 본 연구에 사용된 Arachidic acid의 구조이다. Arachidic acid는 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}$ 의 소수기와 COOH 의

친수기를 갖는 양친매성 물질로서, chloroform을 용매로 하여 0,5mmol/l로 조성하였고, pH 6.0인 20℃의 순수한 물(18.2MΩcm)에 전개하였다.

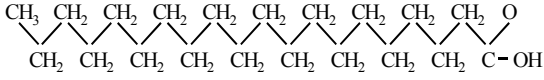


그림 1. Arachidic acid의 분자구조

그림 2는 Au/Arachidic acid/Al의 MIM(Metal-Insulation-Metal)구조이다. 사용된 기판은 Slide glass(13×38×1mm)로서 Cr과 Au를 하부전극으로 하였고, LB막을 Y-type으로 3, 6, 9층 제막하여 상부전극으로 Al을 증착하였다. 제작된 MIM구조의 디바이스는 알루미늄 실드막스에 장착하였고, Keithley 2300 미소전류계를 사용하여 -3~+3[V]범위에서 0.1[V]씩 승압시켜 가며 측정하였다.

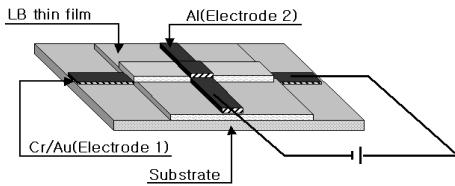


그림 2. MIM구조

III. 결과 및 고찰

그림 3은 LB막 누적을 위한 성막조건을 결정하기 위하여 Arachidic acid 단분자를 수면위에 전개시켜 barrier를 압축시켰을 때 분자 점유면적에 대한 표면압의 변이결과이다.

분자의 점유면적을 $56\text{\AA}^2 \sim 19\text{\AA}^2$ 부근까지 압축하였으며, π -A곡선에서 고체막을 형성하는 범위는 약 25~49[mN/m]으로 30[mN/m]를 제막조건으로 결정하여 제막하였다.

그림 4는 Y-type으로 9층을 제막하였을 때 시간에 따른 제막상태와 분자당 점유면적 및 표면압의 변화를 관측한 것이다. 제막조건인 30[mN/m]까지 압축을 하였으며 표면압이 제막조건에 가까워 지면서 정밀하게 조절되어 가는 과정을 거쳐 dipper가 up, down stroke 동작을 하면서 기판으로 분자들이 전이되는 것을 보여 주고 있다. 수면 위의 분자당 점유면적이 일정한 비율

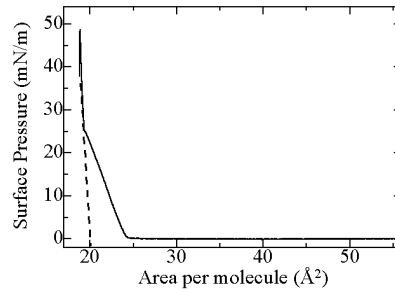


그림 3. 베리어 압축시 결과

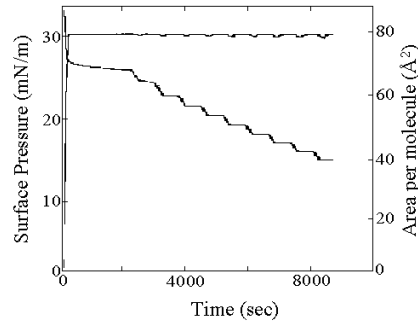


그림 4. 누적 전이비

로 선형적인 감소형태를 나타내는 것으로 보아 유기단 분자막이 기판에 잘 전이되었음을 알 수 있었다.

그림 5는 LB막이 양호하게 누적되었는가를 확인하기 위한 UV-VIS-NIR spectrophotometer로 측정된 Arachidic acid의 흡수율이다. 200~600nm에서 측정을 하였으며 누적층수가 증가함에 따라 흡수율이 일정하게 증가하는 것으로 보아 누적이 양호하게 되었음을 알 수 있었다.

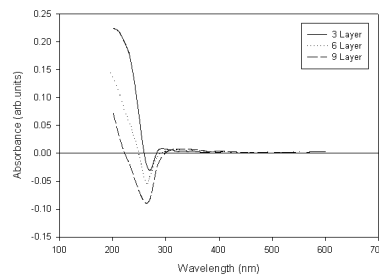


그림 5. Arachidic acid의 흡수율

그림 6은 Y-type으로 각각 3층, 6층, 9층을 누적한 Cr/Au/Arachidic acid/Al 디바이스에 전압을 인가하여 검출된 I-V특성이다. 제작된 디바이스에 -3~+3[V] 범위에서 0.1[V]씩 승압, 감압하면서 측정하였으며, 전압

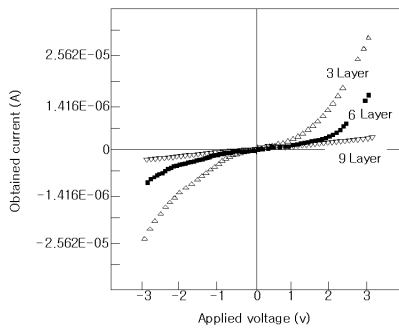


그림 6. I-V특성

의 인가시 전하의 축적에 기인한 누설전류 및 절연저항 등을 고려하여 1분 정도의 시간이 지난 후 전류를 측정하였다.

그림에서 인가전압에 대해 전류값은 누적층수가 많을수록 동일한 인가전압에서 발생하는 전류의 크기가 적게 나타남을 알 수 있었다. 또한 누적층수가 적을수록 지수함수적으로 전류가 증가하였으나 두께가 커지면 곡선은 직선적인 ohmic 특성을 나타내었다. 이는 LB막의 누적층수가 증가할수록 저항이 증가한다는 것을 나타내며 두께가 증가하여 전극간의 거리가 멀어질수록 더 높은 전계에서도 파괴되지 않는 절연특성을 나타내고 있다.

LB 유기초박막은 제작된 박막의 두께가 수[Å]~수백[Å]으로 MIM 디바이스로 제작하여 전기특성을 측정하였을 때 발생되어지는 신호가 미약하다. 이러한 특성을 개선하기 위한 방법으로 외부회로를 삽입하는 방법과^[10] Array type으로 소자를 연결하여 신호를 증대시키는 방법이 연구되어 지고 있다. 그림 7은 LB 유기초박막을 각종 소자에 응용하기 위하여 3층으로 제작한 Arachidic acid MIM 디바이스를 Array type으로 ±1[V] 범위에서 0.1[V]씩 전압을 증압 및 감압하여 검출된 I-V특성이다.

인가전압에 따른 발생전류는 단일 MIM 소자와 유사하게 전압에 비례하여 증가함을 볼 수 있었으며 발생되어지는 전류의 크기는 1[V]를 인가시 1.35×10^{-2} [A]로써 단일 MIM 디바이스보다 약 4배 정도 더 크게 나타남을 확인할 수 있었으며, 이는 유기박막의 단층 두께가 약 27.5[Å]으로써 이를 다층으로 누적하고 Array type으로 연결하였을 때 유기박막의 면적을 나노[n] 단위까지 증대시킬 수 있으며 면적에 비례하여 절연특성이 개선되어짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 LB 유기초박막이 각종 전기전자 소자로써의 기능을 충분히 발휘할 수 있다는 것을 알 수 있다.

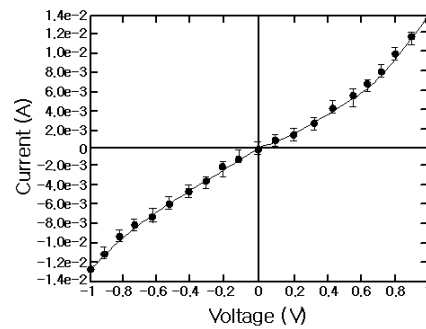


그림 7. I-V특성(Array type)

V. 결론

본 연구에서는 LB법을 이용하여 Arachidic acid LB막을 제작하고 그 누적특성과 전기적 특성을 측정 한 결과는 다음과 같다. 수면위 유기 단분자막을 압축하여 slide glass에 3, 6, 9층의 LB막을 각각 누적하여 MIM소자를 제작하였다. 제작된 LB막은 누적전이비와 광흡수율을 측정한 결과 누적이 양호하게 되었음을 확인할 수 있었다. 제작된 MIM소자의 I-V특성은 비교적 저전계 영역에서는 ohmic특성이, 고전계 영역에서는 nonohmic특성이 나타나고, 누적층수가 증가할수록 더 좋은 절연특성이 있음을 알 수 있었다.

또한 유기 나노박막의 상용화 가능성을 알아보기 위하여 Array type으로 MIM소자를 제작하고 전기특성을 측정한 결과, 인가전압에 따른 발생전류는 단일 MIM 소자와 유사하게 전압에 비례하여 증가함을 볼 수 있었으며 발생되어지는 전류의 크기는 1[V]를 인가시 1.35×10^{-2} [A]로써 단일 MIM 디바이스보다 약 4배 정도 더 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 유기박막의 단층 두께가 약 27.5[Å]으로써 이를 다층으로 누적하고 Array type으로 연결하였을 때 유기박막의 면적을 나노[n] 단위까지 증대시킬 수 있으며 면적에 비례하여 절연특성이 개선되어지며, 이러한 결과는 LB 유기초박막이 각종 전기전자 소자로써의 기능을 충분히 발휘할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구보고서는 정보통신부 정보통신연구진흥원에서 지원하고 있는 정보통신기초연구지원사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] Mitsumasa Iwamoto and Koji Ohnishi, "Investigation of the photoresponse of lipid monolayers containing azobenzene derivatives by a Maxwell - displacement -current-measuring technique", Journal of Applied physics, Vol. 76, No. 12, pp. 8121-8128, 15 December 1994
- [2] Mitsumasa Iwamoto, Koji Ohnishi and Xiaobin Xu, "Detection of Molecular Switching in Single Monolayers by Maxwell-displacement-current-measuring technique", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) Part 1 No. 7B, pp. 3814-3819, July 1995
- [3] Simon Berneche, Mafalda Nina, and Benoit Roux, "Molecular Dynamic Simulation of Melittin in a Dimyristoylphosphatidylcholine Bilayer Membrane", Biophysical Journal, Vol. 75, pp. 1603-1618, 1998
- [4] W. Xu, B. L. Blackford, J. G. Cordes, M. H. Jericho, D. A. Pink, V. G. Levadny, and T. Beveridge, "Atomic Force Microscope Measurement of Long-Range Forces Near Lipid-Coated Surfaces in Electrolytes", Biophysical Journal, Vol. 72, pp. 1404-1413, 1997
- [5] Mitsumasa Iwamoto and Tohru Kubota, Ou-Yang Zhong-can, "Maxwell-displacement-current across phospholipid monolayers due to phase transition", The journal of chemical physics, Vol. 104, No. 2, pp. 736-741, 1996
- [6] 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, 15 September 1996
- [7] 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
- [8] Chang-Hualn Hsieh and Wen-guey Wu, "Solvent Effect on Phosphatidylcholine Headgroup Dynamics as Revealed by the Energetics and Dynamics of Two Gel-State Bilayer Headgroup Structures at Subzero Temperatures", Biophysical Journal, Vol. 69, pp. 4-12, 1995
- [9] 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
- [10] 송진원 외 6인, "유기된 변위전류의 2차 전이특성", 대한전기학회 하계학술대회논문집, pp. 1693-1695, 2000.