

MIS 구조의 DLPC LB 막의 제작과 전압-전류 특성

Fabrication of DLPC LB films with MIS structure and I-V characteristics

이우선* 조선대학교 공대 전기공학과

정용호** 서강전문대학 열냉동과

정종삼* 조선대학교 공대 전기공학과

손경춘* 조선대학교 공대 전기공학과

김상용*** 아남 반도체

장의구**** 중앙대학교 공대 전기공학과

이경섭***** 동신대학교 공대 전기전자공학부

Woo-Sun Lee Dept. of Electrical Eng., Chosun University

Yong-Ho Chung Dept. of Heating and Refrigeration Eng., Seokang College

Jong-Sam Chung Dept. of Electrical Eng., Chosun University

Kyeong-Choon Son Dept. of Electrical Eng., Chosun University

Sang-Yong Kim Anam Semiconductor

Eui-goo Chang Dept. of Electrical Eng., Choong-ang University

Kyeong-Sup Lee School of Electrical and Electronic Eng., Dongsin University

Abstract

MLS capacitor with lipid ultra thin films were deposited by Langmuir-Blodgett (LB) method on the silicon wafer. The current versus voltage and capacitance versus voltage relationships are depend on the applied voltage, electrode area and electrode materials. LB films deposited were made of L- α -DLPC, the 1 layer's thickness of 35Å was measured by ellipsometer. And MLS capacitor with different electrode materials, the work function of these materials was investigated to increase the leakage current. The result indicated the lower leakage current and very high saturation value of capacitance was reached within 700-800 pF when the two electrode was Ag. And ϵ_1 , ϵ_2 versus photon energy showed good film formation.

I. 서론

분자전자소자는 기존의 무기물을 재료로 하는 소자에 비해서 여러가지 장점들을 가지고 있는데 전기신호 및 광신호등의 신호전달이 분자 수준의 미세한 구조속에서 더욱 빨라질 수 있고 제작 조건이 진공이나 고온분위기 그리고 대규모의 고가의 장비와 환경, 에너지를 필요로 하는 무기물 박막에 비하여 경제적이고 단순하다는 점이다. 무기물의 박막은 최소

두께가 수 백에서 수 천Å인데 유기물 박막은 불과 수 Å에서 수 십Å의 두께로 제작이 가능하기 때문에 집적도가 더욱 커질 수 있다.⁽¹⁾ 가장 유력한 단분자층의 제작방법은 LB법이며 생체막으로 지방산 계열의 물질들이 지금까지는 주류를 이루고 있었으나 최근에 지질류도 LB법으로 용이하게 누적할 수 있음을 보여주는 결과들이 발표되었다.⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ 생체막의 전기적 특성에 대하여 현재까지 발표된 연구에서는 지방산을 절연체로 이용한 캐패시터에 대한 결과

가 있는데 소수기 알킬체인의 수가 많을 수록 내열성과 강도가 커지며 좋은 전기적 특성을 가질 수 있음이 나타났다.⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾ 따라서 본 논문에서는 먼저 기초적인 제막조건이 확립된 상태에서 기판으로 실리콘 웨이퍼를 이용하여 인지질막을 적층하였고 캐패시터의 제작 구조는 MIM 구조 보다 MIS 구조일 때 집적회로 공정의 적용가능성과 더욱 좋은 전기적 특성이 기대될 수 있으므로 본 연구에서는 L- α -DLPC 인지질막을 이용하여 실리콘 웨이퍼 위에 MIS 구조의 캐패시터를 제작하였고 전극재료의 영향에 따른 전압 전류 특성, 정전용량 변화 특성을 연구하였다.

2. 실험방법

표 1은 본 논문에서 사용된 시료와 누적조건을 나타낸다. 용매로 사용된 CHCl_3 의 순도는 99.5%이며 실험에 사용된 물은 초순수 장치(Chem. science)에 의하여 제조된 $18(\text{M}\Omega \cdot \text{cm})$ 의 저항값을 갖는 3차 증류수를 사용하였다.

Table 1. The deposition condition of LB film

Molecule Type	L- α -DLPC
Solvent Type	Chloroform(CHCl_3)
Barrier Speed	20 mm/min
Target Pressure	30 mN/m
Target Temperature	19 °C
Dipper Speed(up)	5 mm/min
Layer	Z-Type, 8 Layer
Substrate	Silicon wafer
Subphase	Ultra pure water
Subphase pH	5~6

그림 1에 제작된 MLS 캐패시터의 구조를 나타내었다. 실리콘 웨이퍼위에 1 층 제막한 후 Ellipsometer (Rudolf S 2000) 를 이용하여 두께를 측정된 결과 실리콘 웨이퍼와의 계면에서 형성된 SiO_2 막의 두께가 30 Å, LB 막의 두께는 35 Å로 나타났으므로 8층을 제막하였을때 약 280 Å의 두께가 될것으로 생각된다. 상부전극과 하부전극으로는 진공증착기 (Vacuum science VSSE-2TS) 를 이용하여 각각 Ag, Al 을 증착하였다. Ag, Al 을 증착한 이유는 두 전극의 전위차가 다르기 때문에 각각 상부전극과 하부전극으로 이용하였을때 가장 이상적인 전극의 조합을 알아보기 위한 것과 이 두 전극과 LB 막 계면에서의 영향을 조사해보기 위한 것이다. 그리고 Ag 는 Al 에 비하여 산화되지 않는 귀금속류의 전극이며 증착시에 전극으로서 Al

보다 구조적으로 다르기 때문에 이에 대한 영향을 고찰해보고자 한다.

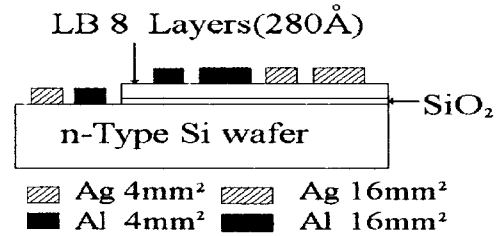


Fig. 1 The structure of MLS capacitor

그림 2는 MLS 캐패시터의 제작 공정을 나타낸다. 진공 증착기 (VSSE-2TS) 로 전극을 증착하였는데 100 mg 의 Ag, Al 분말을 텅스텐 보트에 담아 Rotary pump 와 Diffusion pump 를 이용하여 10-6 Torr 까지 배기한 후 30 A 의 전류를 가하여 증착하였고 확산되는 열에 의한 LB 막의 열화를 방지하기 위하여 Shutter 를 이용하여 약 5 초간 증착하였다. 전기적 특성은 Keithley 6517A Electrometer 를 이용하여 -5V ~ +5V 의 전압범위에서 I-V 특성을 측정하였고 CV 특성은 Keithley 590 CV Analyzer 를 PC 에 연결하여 측정되었다.

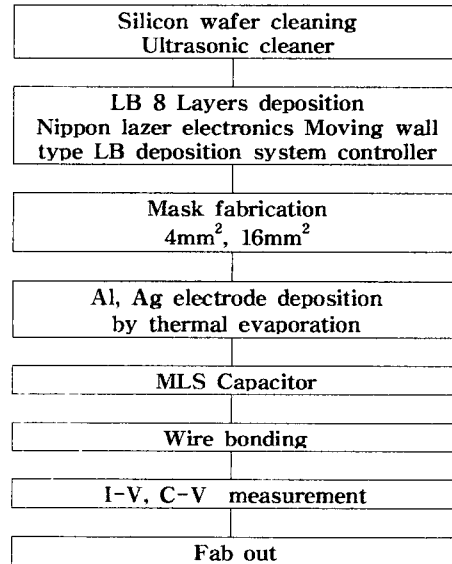


Fig. 2 The fabrication process of MLS capacitor

3. 실험결과 및 검토

그림 3은 제작된 MLS캐패시터의 상부전극 재료에 대한 누설전류의 특성인데 하부전극은 Al이며 상부전극은 Al과 Ag를 사용한 경우이다. 상부전극이 Ag인 경우가 Al보다 더 높은 누설전류를 나타내었으며 전압증가에 따라 누설전류가 Al을 사용하였을 때 완만하게 증가하는 것에 비하여 크게 증가함을 보였다. 상부전극이 Ag일때 5V에서의 누설전류는 127.405 μ A를 나타낸 반면 상부전극이 Al 일때는 20.721 μ A를 나타내어 상부전극으로 Al을 사용할때 누설전류가 약 5배이상 적게 흐름을 관측할 수 있었다. Ag를 LB막 위에 증착한 경우가 누설전류가 더 높은 이유는 금속 Ag, Al의 일함수 차이로 생각되는데 Ag는 4.28eV, Al은 4.2eV의 평균치를 갖기 때문에 Ag의 일함수는 약 0.08eV 정도 높기 때문이라고 생각된다. Al을 상부와 하부전극으로 사용한 경우에는 전도가 적어져서 누설전류가 적게 나타난 것으로 생각된다.

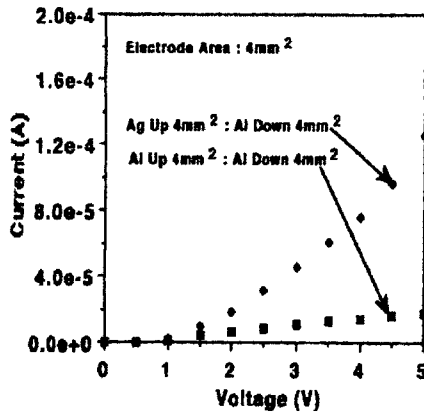


Fig. 3 I-V Characteristics of MLS Capacitor (Upper electrode: Al, Ag Lower electrode: Al)

그림 4는 상부전극을 Al, Ag로 하고 하부전극을 Ag로 하였을때의 누설전류의 비교인데 상부전극이 Ag일때 5V에서의 누설전류는 16.84 μ A, 상부전극이 Al일때 15.617 μ A를 나타내었으며 기울기는 비슷하였다. 같은 종류의 전극을 사용한 경우보다 Al이 상부전극으로 증착된 경우에 적은 차이지만 더 낮은 누설전류가 흐르는데 그 이유는 상부전극이 양극이 되기 때문에 역시 페르미 준위에서 Ag가 갖는 금속의 일함수 평균치가 4.28eV로 더욱 크기 때문이며

이것이 Ag에서 절연체 준위를 넘어 Al로의 전도를 어렵게하기때문이라고 생각된다.

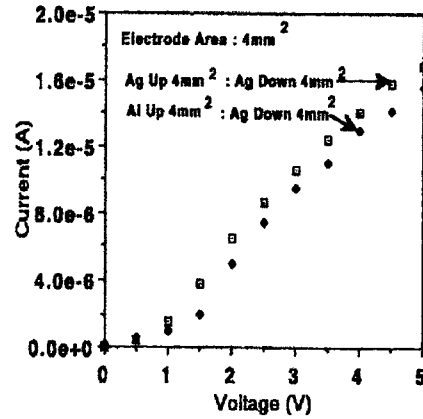


Fig. 4 I-V Characteristics of MLS Capacitor (Upper electrode: Al, Ag Lower electrode: Ag)

그림 5는 하부전극을 각각 Al, Ag를 사용하고 상부전극은 Ag를 각각 4 mm², 16 mm²로 면적을 다르게 하여 비교한 결과인데 상부전극이 Ag 16 mm², 하부전극은 Al 일때 누설전류는 165 μ A, 상부전극이 Ag 16 mm², 하부전극은 Ag 일때 누설전류는 19.657 μ A로 나타나 전체적인 특성에서 상하부 모두 Ag인 경우의 누설전류가 적게 나타났고 전압의 증가에 따른 누설전류의 증가는 완만하게 상승하며 상부전극을 Ag로 사용할때 하부전극이 Al일때가 Ag일때보다 누설전류가 크게 상승함을 알 수 있었다. 상하부전극의 재료가 다를때 면적에 따른 누설전류의 차이가 더욱 증가하는 것은 일함수차로 인한 전하이동이 전극면적에 비례하여 커진다는 것을 의미한다. 이것은 전극면적이 넓어지면 유전체의 두께가 작기 때문에 이에 따라서 터널링이나 내부결함에 의한 누설전류의 흐름의 분포가능성이 더욱 커지기 때문으로 보인다.

그림 6은 광자 에너지의 변화에 따른 복소유전율을 나타낸 것이다. 실리콘 웨이퍼위에 DLPC를 1층 누적한 시료를 Ellipsometer (Rudolf S2000)를 이용하여 측정하였는데 결과로서 두께와 복소굴절율이 나타날 수 있고 이 복소굴절율은 실수와 허수로서 각각 ϵ_1 과 ϵ_2 가 $n^2 - k^2$, $2nk$ 가 되며 n 과 k 는 각각 실수분과 허수분이 된다.

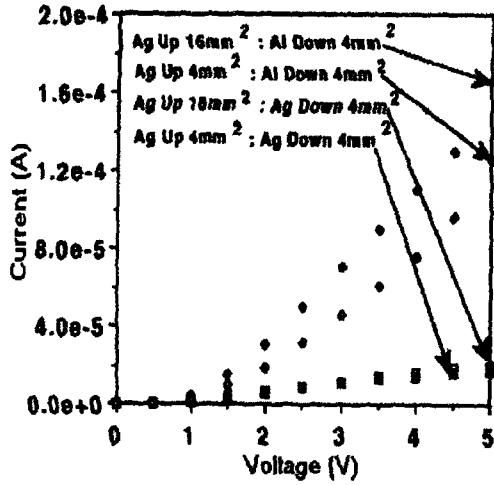


Fig. 5 I-V Characteristics of MLS Capacitor
(Upper electrode : Ag 4mm², 16mm²
Lower electrode: Ag, Al)

광자의 에너지의 단위는 eV 이며 1 eV 는 약 1.602×10^{-19} J 에 해당한다. 파동상에서의 파장이 λ (μm)인 광은 입자상에서는 1 개가 E (eV) $\approx 1.24 / \lambda$ (μm) 의 에너지를 갖는 광자의 집단 흐름이 된다. 약 400 nm ~ 600 nm 사이의 복소 유전율은 그림에서와 같이 큰 변화가 없었으므로 가시영역에서는 유전분산이 없는 안정한 유전체라고 생각된다. 굴절율과 유전율과는 밀접한 관계가 있기 때문에 막의 표면상태도 매우 균질한 표면임을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서 기능성 분자전자소자에서 유기절연막으로의 가능성이 있는 인지질 L- α -DLPC 를 제작하여 MLS capacitor 를 제작하고 그 유전성에 대하여 연구한 결과 기존의 무기물소자 보다 다소 누설전류는 크지만 높은 정전용량을 갖는다는 것을 알 수 있었다. 그리고 전극재료, 전극면적을 다르게 하여 실험한 결과에서 전극재료로서 Ag와 같은 noble metal류가 적합함을 알 수 있었고 전극면적은 적을수록 좋은 전기적 특성을 나타냄을 알 수 있었다.

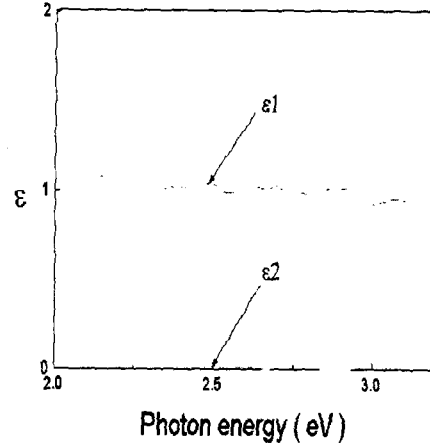


Fig. 10 Dielectric constant ϵ_1 and ϵ_2 of DLPC layer by photon energy

참고문헌

- (1) Hans Kuhn, "Present status and future prospect of LB film research" 89 Fourth international conference on LB films, PP.2-3, 1989
- (2) M. Iwamoto and A. Fukuda, "Charge storage phenomena and I-V characteristics observed in ultrathin polyimide Langmuir Blodgett films", Jpn. J. Appl. Phys. Vol 31, PP. 1092-1096, 1992
- (3) S. Mukhopadhy, C. A. Hogarth, S. C. Thorpe, and M. J. Cook, "Room temperature toluene sensing using phthalocyanine Langmuir Blodgett films", Journal of material science : Materials in electronics 5, PP. 321-323, 1993
- (4) V. A. Howarch and M. C. Petty, "Phospholipid-based potassium selective Langmuir Blodgett films", 89 Fourth international conference on LB films, PP. 496-497, 1989