

유기 TFT 제작을 위한 α -6T 박막의 접촉 및 전기적 특성

Contact and Electrical Characteristics of α -6T Thin-Film for the fabrication of organic Thin-Film Transistor

오세운¹, 김대엽¹, 박미경², 최종선¹, 김영관², 신동명²

¹ : 홍익대학교 전자전기공학부(전기제어공학과)

² : 홍익대학교 화학공학과

Se-Woon Oh¹, Dae-Yop Kim¹, Mi-Kyung Park², Jong Sun Choi¹, Young-Kwan Kim², Dong-Myung Shin²

¹ : School of Electronics & Electrical Engineering, Hongik University

² : Department of Chemical Engineering, Hongik University

Abstract

Conjugated oligomers have been already used as active layers in field effect transistors, photodiodes and electroluminescent devices. Particularly thiophene oligomers such as α -sexithiophene(α -6T) attract great interest for its prospective applications in large-area flexible displays. In this study, we investigated the contact properties between the organic semiconductor α -6T and metals such as Au(Gold), Ag(Silver), Cr(Chromium), Al(Aluminum), Cr(Chromium). Using the Transmission Line Model(TLM) method, specific contact resistances of the metal lines in contact with the α -6T were determined. From the current-voltage characteristics, electrical conductivity of the α -6T films is found.

Key Words(중요 용어) : α -6T, OMBD(Organic Molecular Beam Deposition, 유기 분자선 성막법), conjugated oligomer(공액성 소중합체), TLM(Transmission Line Model)

1. 서론

현재 박막 트랜지스터의 능동층(active layer)으로 사용되는 수소화된 비정질 실리콘, 다결정 실리콘 등의 무기 물질이다. 이에 비해 유기 물질인 공액성 고분자 및 소중합체도 능동 소자의 반도체층으로 사용되면 무기 반도체에 필적할 만한 전기적 특성을 나타낼 수 있을 것으로 기대되고 있다. 공액성 고분자는 70년대 이후 계속적으로 연구가 진행되고 있으며, 실제 여러 전자 소자의 능동층으로 이용이 가능

한 것으로 알려지면서 전세계적으로 이런 소재에 대한 관심이 높아지고 있다.¹⁻²⁾ 공액성 고분자는 무기 물질에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 그 중에서도 플라스틱과 같은 기판에 적용하여 유연성을 가진 소자의 제작이 가능하고, 제조 공정이 간단하며, 경제적인 장점을 지닌 소자를 제작할 수 있다는 것이 큰 장점이다.³⁾ 이런 공액성 소중합체인 α -6T(sexithiophene) 박막을 유기 분자선 성막(Organic Molecular Beam Deposition, 이하 OMBD)법으로 형성하고, 그

박막에 여러 물질을 사용하여 상부 및 하부 전극에 대해 유기 박막과 전극 사이의 접촉 특성을 알아봄으로서 유기 반도체 소자의 제작에 있어 최적 특성을 갖는 전극을 선택하고 형성할 수 있을 것이다.

초고진공(ultra-high vacuum)에서 유기 박막을 형성하였고, photolithography와 lift-off 공정을 통하여 원하는 패턴을 형성하였다. 여러 종류의 금속(Ag, Al, Au, Cr)을 증착하여, Keithley 238을 이용하여 박막의 전기 전도도와 접촉저항을 알아보았다.

2. 시편 제작 및 실험 방법

본 연구에서 사용된 시료는 mono-thiophene 6개가 chain으로 연결되어있는 공액성 소중합체인 α -sexithiophene(α -6T, 이하 α -6T)이다. α -6T의 분자구조는 다음과 같다.

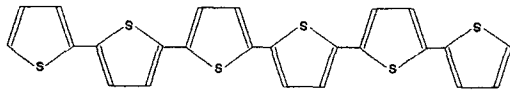


그림 1. α -sexithiophene(α -6T)의 분자구조.

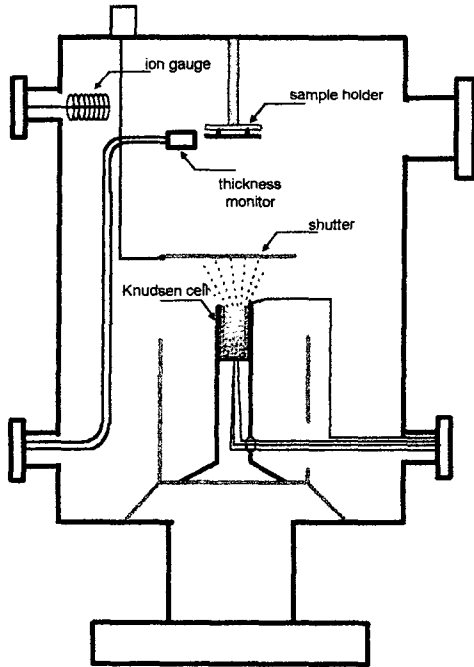


그림 2. OMBD main chamber.

α -6T는 TFT(Thin-Film Transistor)의 능동층

(active layer)으로 응용하기 적합한 우수한 전기적 특성을 가진 시료로 알려져있다. α -6T는 다양한 기판에 증착이 가능하며, silicon과 같은 물질에 비해 훨씬 낮은 온도에서 공정이 가능하다.

α -6T 박막은 초고진공(UHV)을 유지하는 OMBD chamber에서 제작되었다. chamber 내에는 주위를 텅스텐 선으로 감은 Knudsen cell에 α -6T 분말을 넣고, 텅스텐 선에 전류를 가하여 α -6T 분자선을 발생시켜 유리 기판에 박막을 성막한다.

그림 2는 본 연구에서 사용한 OMBD chamber의 모습으로, 두 개의 터보 분자 펌프를 연결하여 진공을 만들게 된다. chamber는 ion gauge, thickness/rate monitor, Knudsen cell 등으로 구성되어 있다.

표 1은 본 실험에 사용된 α -6T 박막의 성막조건을 나타낸다. 10^{-8} Torr의 진공도에 기판온도는 실온($\sim 25^{\circ}\text{C}$), 증착 속도는 $0.4\sim 0.6\text{A/s}$ 이다.

전극 패턴 형성을 위해, photolithography lift-off technique을 사용하였다. 본 연구에 사용된 PR(photoresist, 이하 PR) 용액은 Hoechst AZ-1512로 3000 rpm의 회전속도에서 약 $1.38\mu\text{m}$ 의 두께를 얻을 수 있다.

전극으로 사용된 금속으로는 Al(Aluminum), Ag(Silver), Au(Gold), Cr(Chromium)이다.

표 1. α -6T 박막의 성막 조건.

구 분	조 건
진 공 도	10^{-8} Torr
기판 온도	실온
증착 속도	$0.4\sim 0.6$ A/s

전기전도도의 측정은 그림 3과 같이 SMU(Source Measurement Unit)인 Keithley 238을 이용하여, 2단자법으로 단자 양단에 전압을 인가하여, 전류를 측정하여 전압-전류 곡선을 얻는다. x축은 인가전압, y축은 전류로 하여, 곡선의 기울기 값의 역수로 저항(Resistance, R)을 구한 다음, 수식 $\sigma = l/(R \cdot A)$ 의 계산값으로 수평방향의 전기 전도도(Conductivity, σ)를 얻는다. 여기서 l 은 전극 간의 거리, A 는 전극의 면적이다.

금속과 유기물 사이의 접촉 저항은 그림 4와 같은 길이, 두께 등의 조건이 동일한 패턴의 TLM(Transmission Line Model) 구조를 제작하여, Keithley 238을 이용하여, 각각의 저항값을 구하고,

전극 거리별로 저항값을 x(전극 거리)-y(저항) 좌표로 나타낸 후, 선형화를 통해 다음 식 $R = 2R_c + R_{sh} * l$ 으로부터 y절편인 $2R_c$ 로부터 접촉저항 R_c 를 구한다.(R은 전극 거리별 저항, R_c 는 접촉 저항, R_{sh} 는 판 저항, l은 전극간 거리를 나타낸다.)

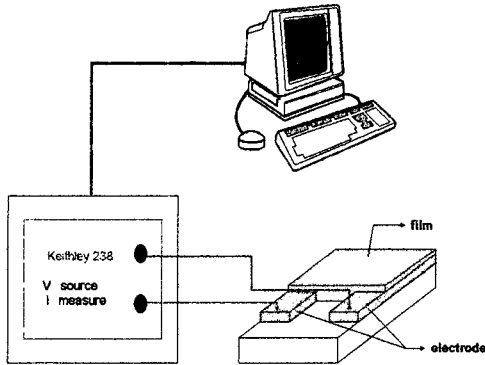


그림 3. 2 단자법을 이용한 전류-전압 특성.



그림 4. TLM 구조의 단면.

3. 실험 결과 및 검토

표 2는 전기 전도도 측정 결과로 하부 전극에 있어서 Au(Gold) 전극이 가장 좋은 특성을 나타내었다. 상부 전극에 있어서는 Ag(Silver) 전극이 가장 좋은 특성을 나타내었다.

접촉 저항 측정을 위해 유리 기판에 여러 전극(Al, Ag, Au, Cr)을 증착하였다. 전극 간 거리를 달리하여 Transmission Line Model(TLM)법을 사용하여 접촉 저항을 구하였다. Keithley 238을 이용하여 2단자법으로 단자 양단에 전압을 인가하여 전류를 측정하여 전압-전류 곡선을 얻는다. 곡선의 기울기인 Conductance 값의 역수로 저항을 구한 다음, 각 전극 간격에 대한 저항값을 그래프로 나타낸 뒤, 선형화를 시켜 각 금속 전극에 대한 접촉 저항을 구했다.

표 2. 상부 및 하부 전극에 대한 α -6T의 전기 전도도 측정 결과.

전극	α -6T(하부) 전기 전도도 [S/cm]	α -6T(상부) 전기 전도도 [S/cm]
Au(Gold)	1.59×10^{-4}	3.17×10^{-1}
Al(Aluminum)	5.42×10^{-5}	2.16×10^{-5}
Ag(Silver)	8.69×10^{-5}	1.30×10^{-5}
Cr(Chromium)	5.97×10^{-5}	3.45×10^{-1}

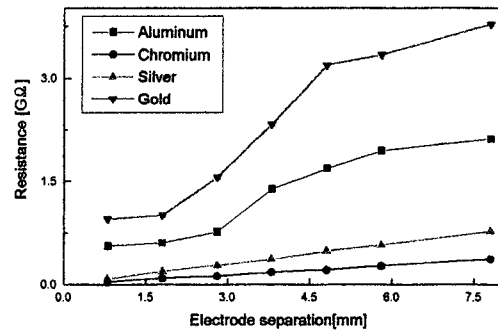


그림 5. 하부 전극의 접촉 저항.

표 3. 전극의 접촉 저항.

전극	전극 길이 [mm]	전극 폭 [mm]	접촉저항 [GΩ]
Au	5	0.2	0.2366
Al	10	0.2	0.1707
Ag	10	0.2	0.0062
Cr	10	0.2	0.0029

각 전극별로 접촉 저항의 값을 표로 나타내면, 표 3과 같다. 표에 나타난 대로, Cr(Chromium) 전극이 0.0029 GΩ으로 가장 적은 값을 나타내었다. 전기전도도와 접촉저항을 통해볼 때, Cr의 경우, 전기전도

도는 다른 금속보다 나쁜 특성을 보였지만, 접촉 저항에 있어서 가장 좋은 특성을 나타내었다. Au(Gold) 전극에 있어서, 전기 전도도에서 가장 좋은 특성을 나타냈지만, 접촉 저항은 가장 큰 값을 나타냈다.

4. 결 론

전기전도도 측정 결과, 하부 전극에서는 Au 전극, 상부 전극에서는 Ag 전극이 가장 좋은 특성을 나타냈으며, 접촉 저항의 측정 결과, 하부 전극에 있어서 Cr 전극이 가장 좋은 특성을 나타내었다. 게이트 및 소스, 드레인의 전극 물질을 선택에 있어 전기 전도도와 접촉 저항 외에도 반도체 막과의 Ohmic contact 형성여부, 유리 기판과의 밀착성, 전극 형성의 용이성 등이 고려되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 교육부 신소재분야 학술 연구 조성비에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- 1) T. Tsumura et al, *Synth. Met.*, **25**, 11, 1990.
- 2) G. Horowitz et al, *Thin Solid Films*, **111**, 93, 1984.
- 3) H. Kano et al, *Appl. Phys. Lett.*, **58**, 1500, 1991.