

α -Sexithienyl 박막의 전기적 특성에 관한 연구

A study on the Electrical Characteristics of α -Sexithiophene Thin Film

오세운*	홍익대학교 전자전기공학부
권오관	홍익대학교 화학공학과
최종선	홍익대학교 전자전기공학부
김영관	홍익대학교 화학공학과
신동명	홍익대학교 화학공학과

Se Woon Oh*	School of Electronics & Electrical Eng., Hongik University
Oh Kwan Kwon	Dept. of Chemical Eng., Hongik University
Jong Sun Choi	School of Electronics & Electrical Eng., Hongik University
Young Kwan Kim	Dept. of Chemical Eng., Hongik University
Dong Myung Shin	Dept. of Chemical Eng., Hongik University

E-mail : greatest@wow.hongik.ac.kr

Abstract

Recently, thiophene oligomer with short chain lengths has received much attention as model compounds for facilitating better understanding of electronic and optical properties of polymers, because oligomer is well-defined chemical systems and its conjugation chain length can be exactly controlled. Moreover, organic thin films based on conjugated thiophene oligomer have potential for application to electronic and optoelectronic devices such as MISFETs(metal-insulator-semiconductor field-effect transistors) and LEDs(light-emitting diodes). However, there is little knowledge on electronic and structural properties of linear-conjugated oligothiophenes in solid states, compared with those in solutions.

α -sexithienyl(α -6T) thin-films were deposited by OMBD(Organic Molecular Beam Deposition) technique, where the α -6T was synthesized and purified by the sublimation method. The α -6T films were deposited under various conditions. The effects of deposition rate, substrate temperature, and vacuum pressure on the formation of these films have been studied. The molecules in the α -6T film deposited at a low deposition rate under a high vacuum were aligned almost perpendicular to the substrate. The α -6T films deposited at an elevated substrate temperature showed higher conductivity than the film deposited at room temperature. Electrical characterization of these films will be also executed by using four-point probe measurement technique.

1. 서 론

공액성 중합체(Conjugated Polymers)와 공액성 소중합체(Conjugated Oligomer)를 이용하여 유기 반도체 소자를 만들려는 시도가 유럽과 일본을 중심으로 활발하게 진행되고 있다^{1,2}. 이러한 유기물들의 띠구조는 실리콘을 비롯한 무기 반도체 재료와 비슷하다³. 이러한 유기 반도체 소자의 응용범위는 매우 넓다². 공액성 고분자를 활성층으로 한

체 소자를 만들려는 시도가 유럽과 일본을 중심으로 활발하게 진행되고 있다^{1,2}. 이러한 유기물들의 띠구조는 실리콘을 비롯한 무기 반도체 재료와 비슷하다³. 이러한 유기 반도체 소자의 응용범위는 매우 넓다². 공액성 고분자를 활성층으로 한

MISFETs(Metal-Insulator-Semiconductor Field Effect Transistors)와 LEDs(Light-Emitting Diodes)와 같은 전자 소자들의 개발에 관심이 집중되고 있다⁴⁻⁶. 특히 디스플레이용 능동 소자로의 응용 전망도 매우 밝다. 유기물을 이용한 소자들은 제작공정이 단순하고 경제적이며, 유연성(flexibility)이 있는 소자 제작을 가능하게할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 아직까지 유기물에 대한 이해의 폭이 좁아 여러 가지 풀어야할 과제들이 많이 있다. 본 연구에서는 박막트랜지스터(Thin-Film Transistor, TFT)를 제작함에 있어, 현재 활성층으로 많이 이용되는 수소화 비정질 실리콘(a-Si:H)을 대체할 수 있는 α -sexithienyl(α -6T)이라는-전도성 고분자로 많이 알려져있는- 공액성 소중합체를 이용하여 박막을 성막하고 그 박막의 특성들을 알아보았다. α -6T는 화학적 구조가 잘 정의되어 있고, π -conjugation 길이가 고정되어 있어 물리·화학적 성질이 잘 알려져 있다⁷. 더욱이 α -6T 자체는 분자량이 작아 OMBD에 맞는 증착압력을 갖는다⁷. 또 본 연구에서는 고도의 분자 배향과 결정화된 박막을 만들 수 있는 장점을 가진 OMBD법을 사용했고^{8,9}, 이 방법으로 여러 조건하에서 성막을 하였다. 성막의 표면특성을 알아보기 위해 AFM(Atomic Force Microscopy)을 이용하였다.

2. 실험

2.1 α -6T의 합성

형광 적색을 띠는 α -6T를 합성하였으며, 승화(sublimation)법에 의해 정제를 했다. α -6T의 녹는 점은 305°C 정도이다.

2.2 박막의 성막

박막은 초고진공(Ultra-high vacuum)을 유지하는 OMBD 장비로 제작하였다. 챔버내에 주위가 텅스텐 선으로 감긴 pyrex 유리로 만든 Knudsen cell에 시료를 넣고 텅스텐 선에 전원을 공급함으로써 α -6T 분자선을 발생시켜 기판에 성막한다. 약 200°C의 온도가 되면, 시료가 기판에 달라붙는다. 막의 두께와 증착속도는 장비내의 두께 측정기(thickness/rate monitor)를 사용하여 조절하였다. 기판은 실리콘 웨이퍼와 석영(quartz)을 사용하였다. 표 1과 같이 성막조건을 달리하여 시편을 제작하였다.

전기 전도도의 측정은 그림 1과 같이 Keithley 238을 이용하여 전류-전압 특성 곡선을 얻은 후, 곡선의 기울기로부터 저항(resistance, R)을 구했다.

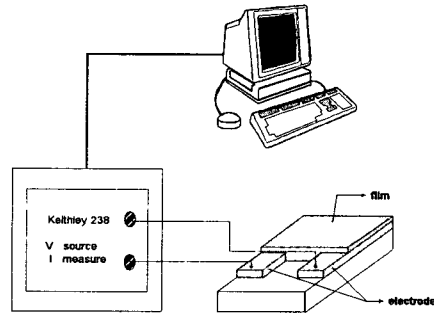


그림 1. 전기전도도의 측정.

다음의 수식 $\sigma = I/(R \cdot A)$ 으로 전도도를 얻었다. 여기서 i 은 전극간의 거리이며, A 는 전극의 면적이다.

표 1. 성막 조건.

시편 (전극)	두께 [Å]	압력 [Torr]	증착 속도 [Å/sec]	기판 온도 [°C]
1(Al)	1000	10^{-6}	0.3	RT
2(Al)	1000	10^{-9}	0.3	
3(Al)	1000	10^{-9}	0.8	
4(Al)	1000	10^{-9}	0.3	~90
5(Ag)	1000	10^{-9}	0.1	~180
6(Ag)	800	10^{-9}	0.1	~180

3. 결과 및 검토

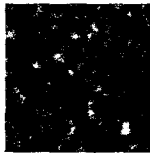
표 2는 각각의 성막조건에 따른 전기전도도 측정 결과이다. Al 전극을 사용한 시편(1~4)의 전기 전도도는 높은 진공도, 낮은 증착 속도, 높은 기판온도에서 제작된 박막의 전기 전도도가 가장 큰 값을 나타내었다. Ag 전극을 사용한 시편(5~6)의 전기전도도는 α -6T 박막의 두께에 크게 영향을 받지 않았다. Al 전극을 사용했을 때의 전기전도도와 Ag 전극을 사용했을 때의 전기전도도에 있어서 조건이 다르지만, Al 전극이 좀 더 특성이 좋은 것으로 나타났다. 동일 성막 조건에서 다른 전극도 사용하여 더 많은 연구가 필요하다.

그림 3은 각 시편들의 AFM image를 보여주는 것으로 시편의 표면상태를 알 수 있다. α -6T 박막의 grain 크기는 시편 4에서 가장 크게 나타났다. 즉 높은 진공도, 낮은 증착속도, 높은 기판 온도에서

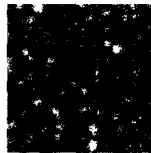
표 2. 전기전도도 측정결과.

시편	전기전도도 [$\times 10^{-8}$ S/cm]
1	5.8
2	60.0
3	38.9
4	169.0
5	32.9
6	40.4

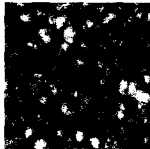
제작된 박막의 grain 크기가 가장 크게 나타남을 알 수 있었다.



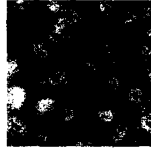
(a) 시편 1



(b) 시편 2



(c) 시편 3



(d) 시편 4

그림 2. AFM 이미지.

4. 결 론

α -6T 박막을 다양한 성막조건(표 1)으로 UHV 장비에서 OMBD법에 의해 제작하였으며, 여러 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 낮은 성막속도, 높은 진공도, 높은 기판온도의 성막조건으로 성막하였을 때, 표면의 grain 크기가 커졌으며, 전기전도도 또한 커졌다.

2. 동일 조건에서 성막이 이루어지지는 않았지만, Al 전극이 Ag 전극보다 좋은 특성을 보였다.

3. 최적 성막조건에 따라 이루어진 막에 다양한 전극을 사용하여 최적 전극을 찾아낸다면, 더 좋은 전기적 특성을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

5. 향후 연구 방향

연구결과로 얻어진 최적 성막 조건에 의해 박막을 이루어, 여러 공정을 거쳐 다양한 전극(Al, Ag, Au 등)을 증착할 예정이다. 전극과 Thiophene과의 일함수 차이, 전극 물질의 증착 용이성 등을 고려하여 Ohmic 접촉을 가지며, 접촉 저항이 적은 전극을 찾아낼 예정이다.

본 연구는 1997년도 교육부 신소재분야 학술 연구 조성비에 의하여 연구되었음

References

- [1] H. Stubb et al, *Appl. Phys. Lett.*, 56, 1990
- [2] B. Serbet et al, *Chem. Mater.*, 6, 1990
- [3] F. Garnier et al, *J. Am. Chem. Soc.*, 23, 1989
- [4] J. H. Burroughes et al, *Nature*, 335, 1988
- [5] G. Horowitz et al, *J. Appl. Phys.*, 67, 1990
- [6] D. Braun et al, *Appl. Phys. Lett.*, 58, 1991
- [7] F. Garnier et al, *Solid State Comm.*, 70, 1989
- [8] H. Tada et al, *Appl. Phys. Lett.*, 61, 1992
- [9] H. Kouji et al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 33, 1994