

분자배열된 4,4' bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino] biphenyl 증착박막 제조와 전기적 특성

오 성 · 강도순 · 최영선[†]

부산대학교 화학공학과
(2006년 5월 1일 접수, 2006년 10월 31일 채택)

Preparation and Current-Voltage Characteristics of Well-Aligned NPD (4,4' bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino] biphenyl) Thin Films

Sung Oh, Do-Soon Kang, and Youngson Choe[†]

Department of Chemical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Received May 1, 2006; accepted October 31, 2006)

본 연구에서는 자기장 하에서 증착 후 열처리된 NPD (4,4'-bis-[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl)박막의 토폴로지와 분자배열을 관찰하였다. NPD는 진공에서 열 증발법을 통하여 증착되었다. 분자 배열이 잘 되어진 유기/금속필름은 2전류밀도와 발광효율 같은 소자의 특성을 향상시키는 것이 특히 중요하다. 원자탐침현미경(AFM) 및 X선 회절 분석기(XRD)의 분석결과는 토폴로지와 NPD필름의 구조적 배열을 특성화하는데 사용되었다. 멀티소스미터는 ITO/NPD/Al 소자의 전류-전압 특성을 측정하는데 사용되었다. XRD 결과에 따르면 자기장 하에서 증착된 NPD 박막은 분자배열이 관찰되지 않았으나, 130 °C에서 후(後)열처리한 NPD 박막에서는 고른 분자배열을 확인할 수 있었다. AFM 이미지에 따르면, 자기장 하에서 증착된 NPD 박막은 자기장 없이 증착된 박막보다 더 매끄러운 표면을 가졌다. NPD의 전류-전압 특성은 고른 분자 배열을 가진 NPD 필름의 더 높아진 전하이동도로 인해 향상되었다.

Topology and molecular ordering of NPD(4,4'-bis-[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl) thin films deposited under magnetic field with post-deposition annealing were investigated. NPD was deposited onto ITO glass substrates via thermal evaporation process in vacuum. It is of great importance for highly oriented organic/metal films to have improved device performances such as higher current density and luminance efficiency. AFM (Atomic Force Microscope) and XRD (X-Ray Diffraction) analyses were used to characterize the topology and structure of oriented NPD films. The multi-source meter was used to observe the current-voltage characteristics of the ITO (Indium-Tin Oxide)/NPD (4,4'bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]-biphenyl) / Al (Aluminum) device. While NPD thin films deposited under magnetic field were not molecularly well aligned according to the XRD results, the films after post-deposition annealing at 130 °C were well-oriented. AFM images show that NPD thin films deposited under magnetic field had a smoother surface than those deposited without magnetic field. The current-voltage performance of NPD thin films was improved due to the enhanced electron mobility in the well-aligned NPD films.

Keywords: NPD, molecular alignment, molecular stacking, magnetic field, OLED

1. 서 론

새로운 평판 디스플레이를 개발하려는 노력이 전 세계적으로 활발하게 전개되고 있는 가운데 저전압, 자체발광, 경량 박형, 넓은 시야각, 빠른 응답속도 등 많은 장점을 가진 유기 EL (Organic Electroluminescence)은 차세대 평판 디스플레이 중의 하나로 자리잡아 가고 있다. 최근 몇 년 동안 일본과 유럽, 미국의 해외에서 실용화에 박차를 가하고 있으며, 국내에서도 기업, 연구소를 중심으로 제품화를 위한 기술개발이 활발하게 진행되고 있는 중이다. 그러나 유기 EL의 여러

가지 장점에도 불구하고 소자의 구조적 결함, 발광효율, 수명 등의 개선되어야 할 점들이 많이 있어, 이를 위해 각 층에 사용되는 물질에 관한 연구가 활발하게 진행 중이다.

본 실험은 다층 유기 EL에 사용되는 NPD (4,4'bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]-biphenyl)에 대해서 고찰하였다. NPD는 유기 EL의 정공 수송층(HTL: Hole Transport Layer) 유기 단분자 재료이다. 초기에는 TPD가 주로 사용되었으나, 낮은 Tg (60 °C)로 인해 높은 온도에서 불안정성을 보이므로, Tg가 95 °C까지 안정한 NPD 계열이나 좀 더 많은 방향족기가 치환된 아민류를 많이 사용하고 있다[1]. NPD박막 역시 열처리과정에서 결정화를 일으킨다는 보고들이 있으며, 정공 주입층으로 사용되는 CuPc도 자기장 속에서 분자의 재배열을 일으킨다

[†] 주 저자 (e-mail: choe@pusan.ac.kr)

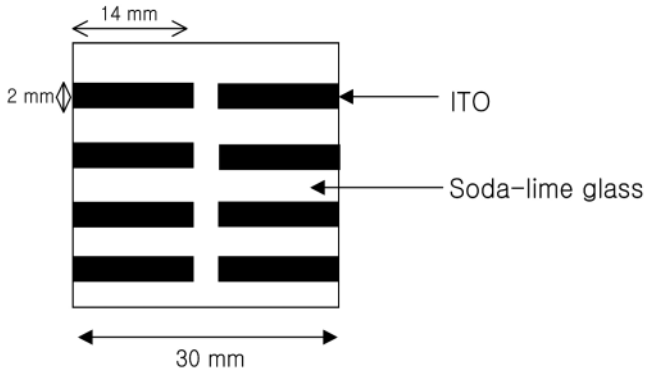


Figure 1. Dimension of pre-patterned ITO glass.

는 논문이 있다[2]. 박막 제조 시에 기판을 가열하는 것이 박막을 제조한 후에 열처리 한 것 보다 우수한 표면을 얻어 전기적 특성이 향상되었다[3].

또한, 자기장 안에서 유기 분자가 분자 배열하는 경우가 있으며, 자기장 안에서 분자는 일반적으로 여분의 에너지를 가지게 되는데 다음 식으로 표현된다[4].

$$E = x B^2 \quad (1)$$

여기서 B는 자기장 유도, x는 분자의 자화율(Susceptibility)을 의미한다. 대부분의 분자는 이방성(Anisotropic)을 나타내는데 다음과 같이 표현된다.

$$\Delta x = x_{\parallel} - x_{\perp} \quad (2)$$

여기서 x_{\parallel} 은 분자축에 대하여 평행인 자화율이며, x_{\perp} 은 분자축에 대하여 수직인 자화율을 나타낸다. 따라서, 이 여분의 에너지(E)가 분자의 배열에 직접적으로 관여하며, 자기장 유도에 의한 분자 배열의 여러 사례가 보고되었다[5-7]. 분자는 대체적으로 자기장 안에서 이 여분의 에너지를 최소화 하는 방향으로 분자 배열을 하는 것으로 알려졌다. 따라서 평행인 방향으로 분자 배열을 선호할 경우에는 x_{\parallel} 치수가 커지는 방향으로 조건을 만들면 된다. Boamfa 등이 용액 속에서 특정 방향의 자기장을 만들었을 경우 MPc의 분자 배열을 실험적으로 확인하였으며[4], 자기장의 세기가 증가할수록 x_{\parallel} 의 이색비(Dichroic ratio)가 x_{\perp} 에 비해 상대적으로 증가함을 보여 주었다. 예를 들어, x_{\parallel}/x_{\perp} 의 값이 1.0인 경우는 자기장이 없을 때에는 분자가 무질서하게 용액 속에 분포함을 보여준다. 이것은 자기장에 의해서 분자축에 대하여 평행으로 배열하는 분자의 비율이 증가함을 의미하며, 궁극적으로 자기장에 의해서 분자 배열을 유도 할 수 있음을 보여 주고 있다. 본 연구에서는 증착시에 자기장을 형성하여 분자의 배열 여부를 관찰하게 된다.

본 연구에서는 언급된 두 가지의 분자 배열 방법을 NPD 박막 제조에 적용하여 열처리에 의한 분자배열과 자기장 유도에 의한 분자배열을 비교 분석하였다. 본 연구에서는 정공 수송층에 사용되는 NPD 박막을 자기장 속에서 제조하여 열처리와 자기장 속에 노출된 NPD 박막들의 토폴로지 특성을 비교하고 I-V (전류-전압) 측정용 단층 소자를 제작하여 전기적 특성을 분석하고자 하였다.

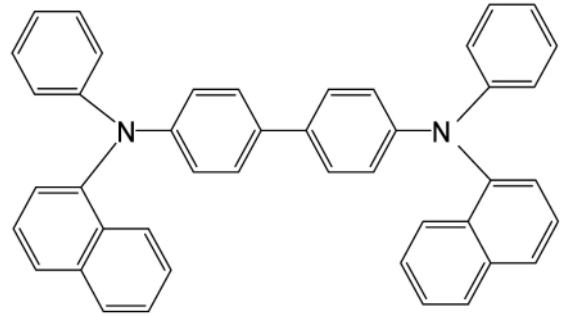


Figure 2. Chemical structure of 4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino] biphenyl (NPD).

2. 실험

2.1. 기판과 양극

증착용 기판으로는 Liquid Crystal Display (LCD), Plasma Display Panel (PDP)와 같은 평판 디스플레이에서 사용하는 소다라임 유리에 Indium-Tin Oxide (ITO)가 코팅된 것을 사용하였다. 실험에 사용된 ITO는 삼성코닝에서 제작된 ITO 코팅유리로 면 저항은 15 Ω/sq 이하이며, Figure 1과 같이 미리 패터닝되어 있다. ITO의 표면 일함수는 4.67 eV이고, 전기저항이 매우 낮고($2 \sim 10^{-4}$ Ωcm 이하), 밴드 갭은 3.3~4.3 eV이다.

2.2. 유기재료 및 음극

ITO 위에 정공수송층으로 사용되는 재료로 NPD (4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]-biphenyl; H. W. SANDS CO-RP.)를 사용하였다. Tg는 96 °C, 녹는점(m.p)은 277 °C, 분자량(Mw)은 588.96, 분자식은 C₄₄H₃₂N₂, 구조는 Figure 2와 같다. 단층 소자제작에 있어서 음극으로 일함수가 낮은 편에 속하는 Al (3.74 eV)을 사용하였다.

2.3. 진공증착

일반적으로 진공 증착 공정에 사용되는 저항 가열 방식의 진공 증착 장치의 경우에는 열역학적으로 평형의 조건에서 다른 물질과 다른 결정구조를 지닌 물질이나 다른 성분비를 지닌 화합물을 만들 수가 있고 장치 전체의 구성이 비교적 간단하다는 이점이 있다. 하지만 만들어진 박막의 성질이 민감해 재현성이 좋지 않아, 물성을 이용한 소자 등의 신뢰성이 부족하다는 단점을 가지고 있다. 증착장치는 두랄루민 플레이트 위에 파이렉스 재질의 유리 반구를 고무 오링(O-ring) 위에 얹어 진공 펌프 작동과 동시에 대기압에 의해 밀폐되도록 설계하였으며 두 가지 물질을 공증착시키기 위해 두 개의 발열원을 두 개의 온도 컨트롤러에 연결하여 온도 조절을 하였다. Mo재질의 히팅 보트를 사용하고, 보트에 온도 센서를 장착하여 실시간으로 온도 변화를 모니터링하면서 온도 조절과 유지를 가능하게 하였다. 그리고 일반적인 진공 증착 장비에서 나타나는 히팅 보트의 국부적인 가열로 인해 나타나는 불안정한 증착속도의 문제점을 보완하기 위해 보트 밑에 발열원을 설치하여 보트 전체의 온도를 균등하게 유지, 보트의 각 부분 온도 차를 최소화 하였다.

2.4. X선 회절 분석기

X선 회절 분석기(XRD : X-Ray Diffraction, Rigaku Model D/Max 2400)를 사용하여 자기장 및 열처리한 NPD박막의 분자배열 정도를

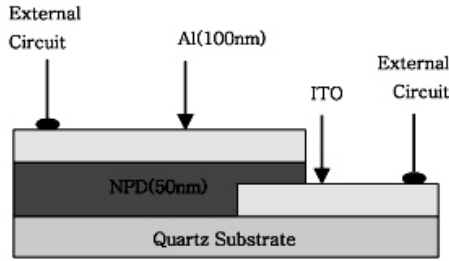


Figure 3. Schematic diagram of the generic device structure of the single layer.

분석하였다. NPD박막은 유리기판(25×25 mm) 위에 100 nm 두께로 진공증착 후에 자기장 및 열처리한 박막특성을 조사하였다. 주사범위는 $2\theta = 5 \sim 80^\circ$, $K-\alpha$ (1.540598 nm)선으로 측정되었으며, 음극은 Cu 를 사용하였다.

2.5. 멀티소스미터에 의한 전류 전압 특성 측정

유기 EL은 금속과 유기물의 전기적 접촉특성인 쇼트키(Schottky) 결합을 가지고 있으므로 낮은 전압일 때에는 전류가 유기물의 밴드갭을 넘지 못하여 전류가 흐르지 못하다가 장벽을 넘기 시작하면서 전류의 흐름이 급격히 상승한다[8,9]. 유기물의 결합 특성이 개선될수록 전류가 소자 내부로 흘러 들어가기 쉬워져서 전류밀도(current density)를 증가시켜 낮은 전압에서 발광이 시작되게 된다. 따라서, 유기 EL에서는 쇼트키 결합값은 소자의 성능을 나타내는 지표로 매우 유용하게 사용되어진다. NPD박막의 전류-전압 측정은 멀티소스미터(Keithley2400)를 이용하여 2단자법에 의하여 측정하였다. NPD박막은 ITO 를 양극으로 Al을 음극으로 사용하였으며 단계적으로 전압을 인가하고 전류를 측정하는 방법을 사용하였다.

2.6. 기판 세정

ITO 기판 위의 불순물을 제거하기 위해 ITO기판을 아세톤과 아이소프로필린 1:1비율로 섞인 혼합물을 울트라소닉에 넣고 20 min간 세정 후 정제수(D.I water)를 이용하여 20 min간 초음파세척기를 사용하여 다시 한번 세정한다. 이렇게 세정된 기판을 80°C 의 오븐에 건조하여 사용하였다.

2.7. NPD 박막제작

Organic light-Emitting diode (OLED) 기판의 제조에 있어서 현재 보고되고 있는 정공 주입층으로서의 NPD는 그 박막의 두께가 수십 나노미터 정도이고 증착된 박막의 표면이 평탄할수록 전기적 특성이 나 발광효율이 증가한다. 본 실험에서는 NPD박막에 대한 고찰로서 100 nm 정도로 증착하여 그 특성을 조사하였다.

NPD박막 형성 시간 경과에 따른 박막 두께 변화를 측정하여 증착 속도를 계산하였다. 이렇게 계산된 증착 속도를 이용해 시편 제작의 재현성을 실현하였다. NPD 박막은 3.0×10^{-4} torr의 압력하에서 기판과의 거리를 10 cm로 고정하여 보트의 온도 225°C 로 증착한 후, 시간에 따른 두께를 측정하였으며 NPD의 증착 속도는 약 0.05~0.2 nm/sec로 계산되었다.

2.8. 자기장 내에서 NPD 박막의 제작

자기장이 유기재료의 증착 과정 중에 미치는 영향을 관찰하기 위해서 내부에 솔레노이드 자기장을 형성 할 수 있게 하는 실린더형 자기장 발생장치를 제작하여 그 속에서 NPD박막을 제작하였다. 자기장의 세기는 코일의 양끝에 DC 전원공급기(Protect 3033B)를 연결하여 인가 전압을 조절 가능하도록 하였고 이 장치는 진공증착기의 챔버 위에 석위 박막이 형성되는 곳에 자기장이 흐를 수 있도록 하였다. 그리고 이장치가 발생시킬 수 있는 자기장의 세기는 1.67~5.01 mT이다. 또한 자기장의 세기에 따른 변화를 관찰하기 위해 10 V, 20 V, 30 V의 전압을 가하여 1.67 mT, 3.34 mT, 5.01 mT의 자기장 속에서 각각의 시편을 제작하였다.

2.9. NPD 박막의 열처리

NPD 박막의 유리전이온도 이상인 130°C 로 30 min 동안 열처리하였다. 인가된 자기장 가열로는 지름 5 cm인 세라믹 재질의 실린더에 열선을 감고 실린더 내부로 온도센서를 달아서 온도를 감지하도록 하였으며 온도센서와 온도컨트롤러를 연결하여 온도조절이 가능하도록 하였다. 그 외부에 지름 15 cm 실린더를 사용하여 0.3 mm 코일을 3000회 감아서 내부로 솔레노이드 자기장이 형성되도록 하였으며 자기장의 세기는 코일의 양끝에 DC 전원공급기를 달아서 전압으로 조절이 가능하도록 하였다.

2.10. NPD 박막 단층 소자의 전기적 특성 측정

NPD 박막의 전기적 특성을 측정하기 위해서 각 조건에 따른 ITO/NPD/Al 구조의 소자를 구현하였다. 전체적인 과정은 ITO가 코팅된 소다라임 유리 위에 각 조건에 따라 NPD 박막을 형성하여 음극으로 Al을 스퍼터링하는 방식이다. NPD 박막은 약 0.02~0.2 nm/s의 증착속도에서 50 nm의 두께로 전처리된 ITO면 위에 증착되어졌다. Al은 NPD 박막 위에 100 nm 두께로 스퍼터링에 의해 증착되어 졌으며 ITO/NPD/Al 소자의 단위크기는 $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 이다. 소자의 전기적 특성은 멀티소스미터(Keithley 2400)로 측정하였다. Figure 3은 전기적 특성의 측정을 위해 제작한 소자의 모식도이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 자기장이 NPD의 증착 속도에 미치는 영향

자기장의 영향을 관찰하기 위해 자기장이 없는 곳에서 증착한 NPD 박막과 비교한 결과 자기장의 세기는 증착 속도에 큰 영향을 주지 않았다. 자기장의 방향에 따른 증착 속도의 변화를 알아 보기 위해서 전류를 방향을 달리하여 자기장을 형성시켰다. 그 결과 자기장의 방향에 따른 증착 속도의 변화는 거의 나타나지 않았다. 즉, NPD의 증착 속도는 자기장의 세기나 자기장의 방향에 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

3.2. NPD 박막의 토폴로지

자기장 속에서 소다라임 유리기판(30×30 mm)에 NPD를 100 nm 두께로 증착하여 자기장의 세기를 변화시키면서 그에 따른 토폴로지 변화를 원자탐침현미경(Atomic Force Microscope, AFM)으로 관찰하였다. Figure 4는 자기장의 세기에 따른 토폴로지 사진들이다. 자기장의 세기가 증가할수록 전체적으로 평탄한 면을 보여 준다. 3차원 그림을 보면 자기장이 없는 곳에서는 표면이 비교적 고르지만 부분적으로 높고 뾰족한 계곡 모양이 형성되어 있음을 볼 수 있다. 이것은 전

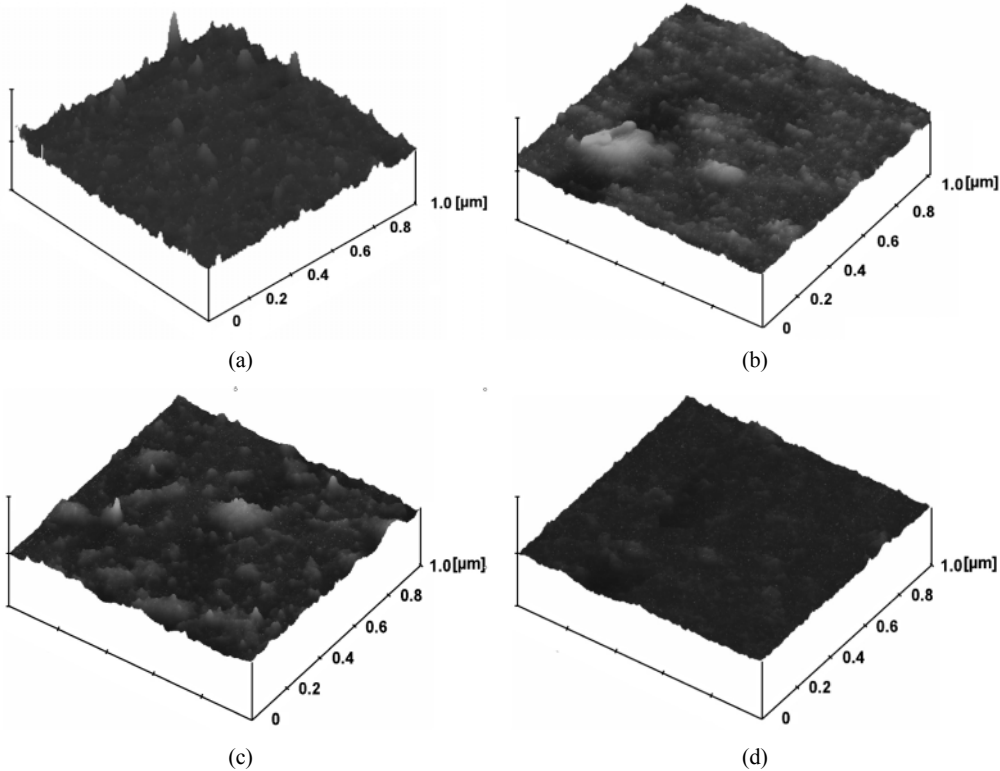


Figure 4. AFM images (3D) of NPD film surfaces: (a) as-deposited film (RMS = 4.133 nm), (b) film grown under magnetic field (1.67 mT, RMS = 2.483 nm), (c) film grown under magnetic field (3.34 mT, RMS = 2.196 nm), and (d) film grown under magnetic field (5.01 mT, RMS = 1.751 nm).

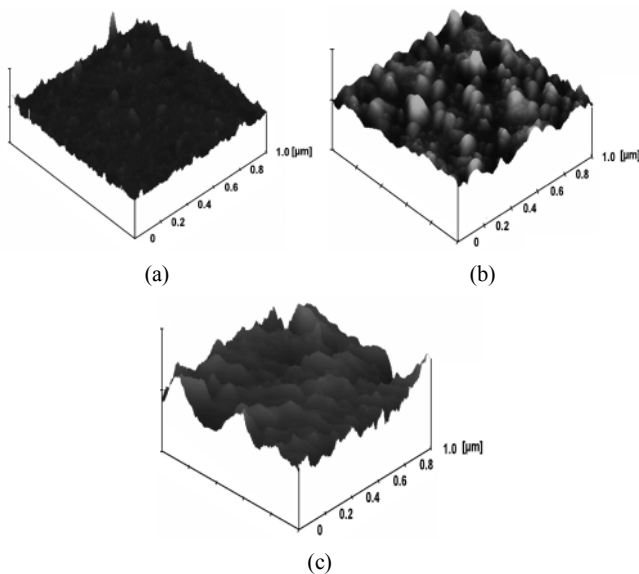


Figure 5. AFM images (3D) of NPD film surfaces: (a) as-deposited film, (b) after thermal annealing at 130 °C for 30 min, and (c) after thermal annealing at 130 °C for 3 min under magnetic field (~6 mT).

류의 집중현상을 일으키고 궁극적으로 전류의 효율을 떨어지는 원인이 된다[10]. 이와는 대조적으로 자기장이 형성된 곳에서 증착한 NPD 박막은 부분적으로 높은 뾰족한 계곡 모양들이 보이지 않는다. 이런

박막 형태는 뾰족한 계곡 모양의 박막보다 그렇지 않은 박막의 형태에 균일한 전류가 흘러 전기적 성능이 증가할 것으로 예상된다.

자기장은 전압을 가하는 방향에 따라 다른 방향의 자기장을 형성하게 된다. 파워서플라이에서 연결하는 전극의 방향을 바꾸면 간단히 자기장의 방향을 달리할 수 있다. 두 가지 형태의 자기장 내에서 각각의 NPD박막을 만들어 그에 따르는 토폴로지를 관찰하였다. 그 결과 자기장의 방향이 상향일 때 즉, 유기 재료가 승화하여 기관으로 향하는 방향과 동일할 때 더 우수한 박막의 표면이 나타났다. 평균 거칠기 (Root-mean-square, RMS) 값을 비교하면 4.113 nm, 1.751 nm로서 자기장의 방향이 상향일 때 더욱 평탄한 필름을 얻을 수 있었다.

유기발광소자의 재료들에 관한 연구 중에는 열처리에 관한 내용이 많은 것을 토대로, 자기장의 영향을 분석하면서 열처리에 대한 관찰도 이루어졌다. NPD 박막의 토폴로지를 관찰하기 위해서 NPD를 소다라임 유리에 100 nm 정도로 증착시킨 후 가열로에서 130 °C에서 30 min간 열처리하여 변화된 토폴로지를 조사하였다. 온도를 130 °C로 한 이유는 NPD의 유리전이 온도가 96 °C 정도이므로 그 이상의 온도가 유용하고 120~160 °C 정도에서 결정화를 일으켜 전기적으로 뛰어난 성과를 보인 결과를 참고로 하였다[11]. 열처리에 따른 토폴로지를 Figure 5에 나타내었다. 열처리를 한 박막이 자기장 내에서 형성한 박막보다 표면이 거친 것을 볼 수 있었다. 이것은 박막 제작 후 열처리가 토폴로지 개선에 크게 기여하지 않음을 보여주고 있다. 열처리와 자기장을 동시에 가하여 앞서 행한 실험 결과들과 비교하였다. 100 nm 정도의 두께로 제작한 NPD 박막을 자기 가열로에 130 °C의 온도로 30 min간 방치하였으며 자기장은 전원공급기로 30 V의 전압을 가하여 소자를 형성하였다. 그 결과 열처리나 자기장 단독 처리한

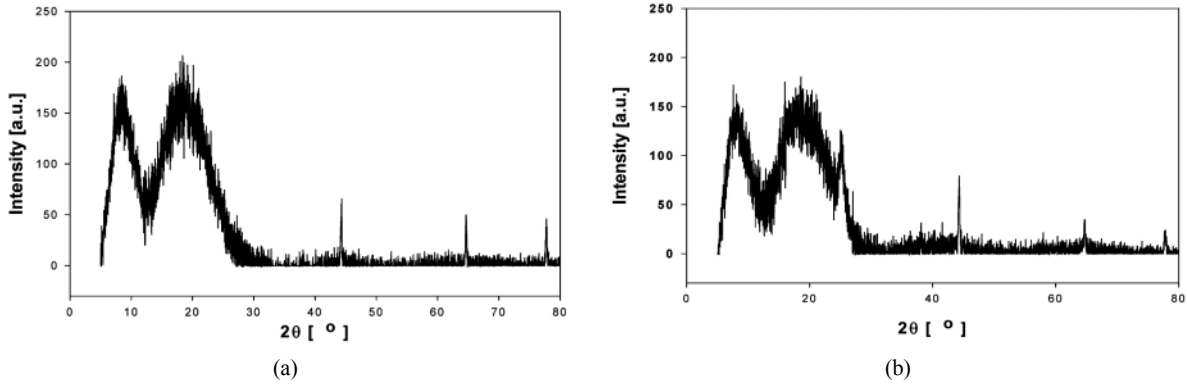


Figure 6. X-ray diffraction patterns of NPD films: (a) as-deposited film, and (b) after thermal annealing at 130 °C for 30 min.

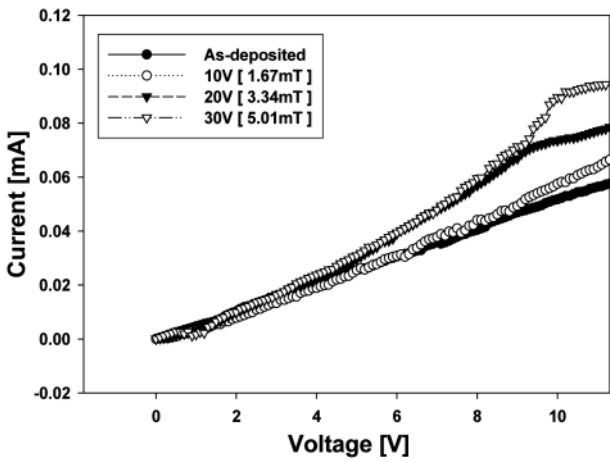


Figure 7. I-V characteristics of the ITO/NPD/Al device deposited under magnetic field.

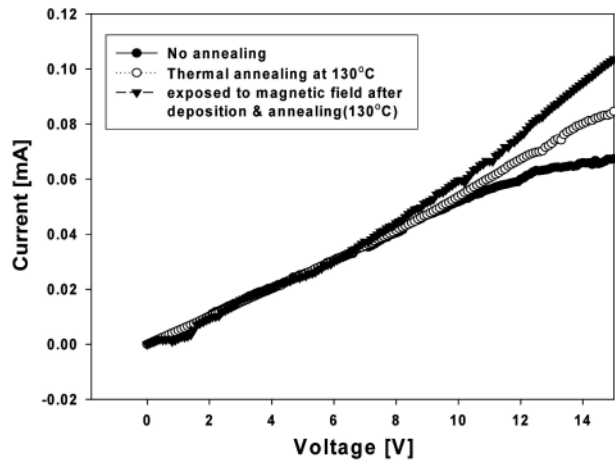


Figure 8. I-V characteristics of the ITO/NPD/Al device.

샘플보다 더 평탄하게 박막이 형성됨을 관찰 할 수 있었으며 Figure 5(c)에 보였다. 열처리와 자기장 처리를 동시에 수행 한 경우가 열처리 단독으로 행한 것 보다 우수한 표면을 얻는데 효과적이었다.

3.3. NPD 박막의 X-선 회절 분석

자기장의 세기에 따른 분자 배열의 변화를 알아보기 위해서 자기장 발생장치 속에서 100 nm 정도의 NPD 박막을 제작하였다. 그 결과 자기장 세기에 따른 분자배열 변화는 거의 나타나지 않았다. 이것은 자기장의 세기나 자기장이 새로운 결정면을 형성하지 않았다는 것을 보여준다. 열처리에 따른 분자배열의 변화를 알아보기 위해서 자체 제작한 가열로에서 130 °C에서 30 min간 NPD 박막을 열처리 하였다. 이후 XRD로 분석한 결과를 앞서 행한 실험 결과들과 비교해 보면 2θ=25° 부근에서 새로운 피크가 관찰되었다. 이 결과는 NPD의 표면 열처리가 새로운 결정면이 형성에 큰 영향을 끼친 것으로 추정할 수 있다. 그 측정 결과를 Figure 6에 나타내었다. 자기장은 분자의 배열에는 영향을 주지 않았고, 열처리는 분자의 배열에 영향을 미침을 알 수 있었으나 원래의 결정면은 그대로 가지고 있음을 알 수 있었다.

NPD 박막을 제작한 후 자기장의 박막에 대한 영향을 관찰하기 위해서 자기장 내에 NPD 박막을 방치하였다. 자기장에 노출된 시간은 30 min으로 증착 과정에서 동일한 조건으로 자기장을 가한 결과 NPD 박막은 자기장에 의해 분자 배열이 이루어지지 않는 것으로 확인되었

다. 즉, XRD 결과에서 피크의 변화가 관찰되지 않았다.

3.4. ITO/NPD/Al 단층 소자의 전기적 특성

자기장 내에서 제작한 NPD 박막이 동일한 전압에서 그렇지 않은 소자보다 높은 전류가 흐르는 것을 알 수 있었다. 이에 대한 I-V 측정 결과를 Figure 7에 나타내었다. 또한, 자기장의 강도가 셀수록 전류의 원활한 흐름을 관찰 할 수 있다. 앞서 관찰한 토폴로지와 연관해 보면 표면의 스파이크가 사라지고 더욱 평탄한 표면을 형성함에 따라 전기적 특성도 향상됨을 예상할 수 있다.

열처리에 따른 전기적 특성 변화를 비교하기 위해서 자기장 처리한 것과 대조군 샘플을 비교해서 Figure 8에 나타내었다. 그 결과 열처리한 샘플이 처리하지 않은 샘플보다는 더 향상된 전기적 특성을 나타내었다. 그러나 자기장 처리한 경우와 비교하면 상향으로 형성된 자기장에서 제작한 박막의 전기적 특성보다는 우수하지 않았다. 이것은 열처리 효과가 전기적 특성을 향상시키는데 효과가 있다는 것을 보여준다.

자기장과 열처리를 동시에 수행한 경우는 상향으로 형성된 자기장에서 증착시킨 NPD 박막을 사용한 소자와 비슷한 전기적 특성을 보여 주며, 대부분의 다른 조건에서 제작한 소자들 보다 우수한 특성을 나타내었다. 또한 상향으로 형성된 자기장 속에서 증착된 NPD 박막은 증착 후 자기장과 열처리한 샘플 보다 낮은 전압에서 더 높은 전류 값을 나타내어 가장 효율적인 소자를 구성할 수 있는 것으로 판단되어진다.

4. 결 론

이 연구에서는 평탄한 NPD 박막을 얻기 위해서 다양한 토폴로지 변화를 유도하였으며, 자기장 내에서 박막을 제조하거나 박막 제조 후에 열처리 및 자기장 처리하여 박막의 특성을 분석하였다. 그리고 각각의 조건에 따라 ITO/NPD/AI 단층 소자를 제작하여 I-V 특성을 관찰하였다.

자기장 내에서 박막을 형성한 경우 자기장의 영향은 증착 속도에는 영향을 주지 않았다. 하지만 자기장의 방향에 대한 고찰로서 상향의 자기장이 하향의 자기장 보다는 우수한 표면과 전기적 특성을 보여 주었다. 이런 결과들은 분자의 증착 방향과 자기장의 방향이 동일할 경우에 박막을 형성하는 것이 효과적임을 보여준다.

자기장 내에서 박막을 형성한 경우 자기장의 세기가 증가할수록 평탄한 표면을 관찰할 수 있었다. 자기장 속에서 형성된 NPD 박막으로 ITO/NPD/AI의 단층 소자를 제작하여 I-V 특성을 측정한 결과 자기장의 세기가 증가할수록 전류의 흐름 또한 향상되는 것을 알 수 있었다. 그러나, 자기장이 분자배열에는 영향을 주지 못하였다.

박막을 형성한 후 열처리한 경우에는 분자의 재배열에 영향을 주었으며 전기적 특성 또한 개선되었다. 박막을 형성한 후 열처리와 동시에 자기장 처리한 경우에도 분자배열에 영향을 주었고 전기적 특성도 향상됨을 관찰할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

1. C. Giebeler, H. Antoniadis, and Y. Shirota, *J. Appl. Phys.*, **85**, 608 (1999).
2. Z. G. Ji, K. W. Wong, P. K. Tae, R. W. M. Kwok, and W. M. Lau, *Thin Solid Films*, **402**, 79 (2002).
3. C. Y. Kwong, A. B. Djuricic, V. A. L. Roy, P. T. Lai, and W. K. Chan, *Thin Solid Films*, **458**, 281 (2004).
4. M. I. Boamfa, P. C. M. Chrstianen, J. C. Maan, H. Engelkamp, and R. J. M. Nolte, *Physica B*, **294**, 343 (2001).
5. M. Pope and C. E. Swenberg, *Electronic proecess in organic crystals*, Clarendon Oxford University Press, p.273 (1982).
6. J. H. Schon and B. Batlogg, *J. Appl. Phys.*, **89**, 336 (1996).
7. Y.-H. Tak, K.-B. Kim, H.-G. Park, K.-H. Lee, and J.-R. Lee, *Thin Solid Films*, **411**, 12 (2002).
8. M. Y. Chan, S. L. Lai, F. L. Wong, O. Lengyel, C. S. Lee, and S. T. Lee, *Chemical Physics Letters*, **371**, 700 (2003).
9. M. Grell and D. D. C. Bradley, *Adv. Mater.*, **11**, 895 (1999).
10. W. P. Hu, Y. Q. Liu, S. Q. Zhou, J. Tao, D. F. Xu, and D. B. Zhu, *Thin Solid Films*, **347**, 299 (1999).
11. H. Yamada, T. Shimdad, and A. Koma., *J. Chem. Phys.*, **108**, 10256 (1998).