

자계 분포 변화에 따른 OLED용 Al 박막의 제작

김 현 응, 조 범 진, 금 민 중, 김 경 환
 경원대학교 전기공학과

Preparation of Al Thin Film with Magnetic Field Distribution

Bum-Jin Cho, Min-Jong Keum, Kyung-Hwan Kim
 Electrical Engineering, KyungWon University

Abstract - The Al electrode for OLED was prepared by Facing Targets Sputtering(FTS) system which can reduce the damage of organic layer. The Al thin films were deposited on the cell (LiF/EML/HTL/Bottom electrode : ITO) for examination the current-voltage properties of OLED with magnetic field distribution between two faced targets. Thickness and current-voltage properties of Al thin films are measured by α -step and semiconductor parameter analyzer (HP4156A), respectively.

1. 서 론

최근 Flat Panel Display(FPD) 중의 하나인 Organic Light Emitting Diodes(OLEDs)에 대해 많은 연구가 되고 있으며 대면적 대용량 생산을 위해 여러 방법이 시도되고 있다[1-3]. 이러한 대면적 디스플레이 소자의 제작을 위해서는 스퍼터링법이 가장 유력시 되고 있으며 특히 스퍼터링법을 이용한 음전극 제작에 많은 관심이 집중되고 있다[4]. 현재 중·소형 OLED용 음전극의 경우 진공증착법[5]이 널리 사용되고 있지만 진공증착법의 증발원으로 사용되는 점 또는 먼 증발원의 경우 증착되는 박막의 두께 분포가 증발원으로부터 수직인 곳에서 멀어질수록 증착되는 박막의 두께가 일정치 못하기 때문에 대면적 기판에는 적합하지 못하다[6]. 또한 기판과 타겟이 마주보고 있는 형태의 일반적인 형태의 스퍼터링법의 경우에는 높은 에너지를 갖는 입자(-전자, Ar 반발원자 등)들의 충돌에 의한 하부 기능성 유기물층의 손상을 피할 수 없으며, 이러한 유기물 층의 손상은 OLED 소자의 leakage-current Density가 증가하게 되고 이로 인한 소자의 수명이 감소하게 되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 플라즈마 발생 영역과 박막 증착 영역이 이격된 상태에서 상부 음전극을 증착하며, 기판은 플라즈마에 노출되지 않기 때문에 하부 기능성 유기층이 높은 에너지를 갖는 입자들에 의해 받는 손상이 극히 적은 상태에서 박막 증착이 가능한 대향타겟식 스퍼터링법(Facing Targets Sputtering : FTS)[7,8]을 사용하여 OLED용 Al 음전극을 제작하였다.

2. 본 론

2.1 실험

본 연구에서는 그림 1에 나타난 바와 같이 대향타겟식 스퍼터링 장치(Facing Targets Sputtering : FTS)를 이용하여 Al 전극을 제작하였다. FTS 장치는 두 개의 타겟이 서로 마주 보고 있으며 두 타겟 사이에 단일 방향의 구속 자계가 발생하는 상태에서 박막을 증착하기 때문에 박막 제작 시 플라즈마 내의 γ -전자나 하전 입자들을 효율적으로 구속하기 때문에 박막이 증착되는 기판으로의 충돌을 억제할 수 있다. 때문에 유기물 상에 박막

을 증착하는 경우 증착 입자 이외의 충돌 입자들에 의한 유기물 손상을 줄일 수가 있게 된다. 그림 2는 Al 음전극을 사용한 기본적인 OLED의 구조를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 Al 음전극은 LiF(1~3[nm])/EML/HTL/ITO의 구조를 갖는 기본 cell 상에 증착하기 때문에 스퍼터링시 인가 전압에 상응하는 에너지를 가진채로 타겟으로부터 스퍼터된 Al 입자들이 하부 LiF 무기물층 상에 증착하게 된다. 따라서 LiF 및 하부 유기물 층의 손상을 억제하기 위해서는 증착되는 Al 입자의 에너지를 제어해야 할 뿐만 아니라 그 이외의 고에너지 입자들의 기판 충돌에 대해서도 효율적으로 억제해야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 Al 박막 제작시 발생하는 플라즈마내로 고에너지 입자들을 최대한 억제하기 위해 두 타겟사이에 인가되는 자계 분포를 변화시켜 Al 음전극을 제작하였다.

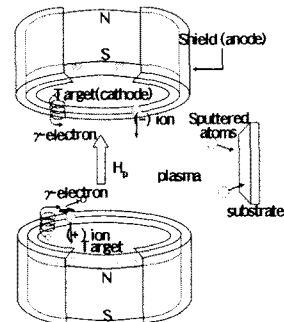


그림 1. 대향타겟식 스퍼터링 장치의 개략도

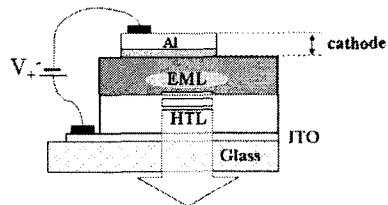


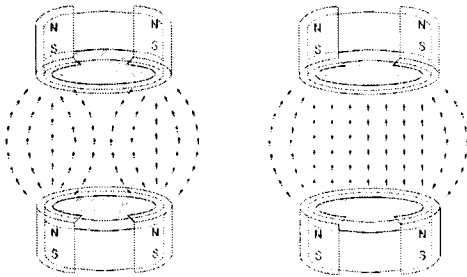
그림 2. Al 음전극을 사용한 배면 발광용 OLED 개략도

표 1은 Al 음전극을 제작하기 위한 스퍼터링 조건을 나타낸 것이다. 두 타겟 사이의 인가된 구속 자계 분포를 그림 3에 나타난 바와 같이 변화 시켰다. 3 (a)는 타겟 사이의 구속 자계 분포가 집중형이며 (b)는 타겟 사이의 구속 자계가 분산형인 경우이다. 이와 같이 두 타겟사이의 구속 자계를 변화 시킨 경우 타겟 사이에서 발생하는 플라즈마 내의 고에너지를 갖는 하전 입자들의 구속 효율이 보다 높아져 기판 충돌을 더욱 억제할 수 있기 때

문에 유기물의 손상을 감소시킬 수 있을 것이다. 제작된 박막의 전기적 특성은 4-point probe (Changmin)장비를 사용하였으며 박막의 두께는 1-step (Tencor)을 사용하여 측정하였으며 Al/LiF/EML/HTL/ITO 구조를 갖는 OLED의 I-V 특성은 Semiconductor Parameter (HP4156A)를 사용하여 측정하였다.

표 1. 스퍼터링 조건

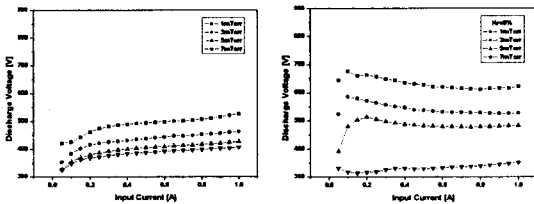
Targets	Al(99.99%)
Substrate	slide glass
Working gas	Ar
Al Film Thickness	100[nm]
Background pressure	2×10^{-6} [Torr]
Working pressure	$1 \sim 6$ [mTorr]
Input current	0.05~1[A]
Confining Flux Distribution	Type C, Type D
Substrate temperature	R.T.



(a) 집중형 자계 분포(C) (b) 분산형 자계 분포(D)
그림 3. 집중형 및 분산형 자계 분포

2.2 결과 및 검토

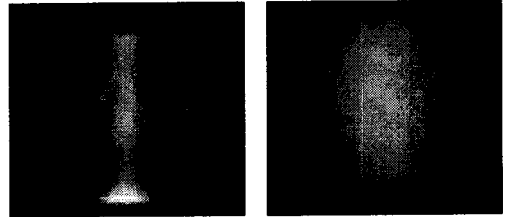
그림 4는 자계 분포 변화에 따른 방전 전압을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 분산형 자계 분포일 때가 집중형일 때 보다 높은 방전 전압 특성을 나타내고 있다. 이는 자계 집중형의 경우 타겟 중심에서의 구속 자계가 분산형에 비해 상대적으로 높기 때문에 방전 전압이 낮게 나타나는 것으로 생각된다.



(a) 집중형 자계 분포(C) (b) 분산형 자계 분포(D)
그림 4. 집중형 및 분산형 자계 분포에 따른 방전 전압

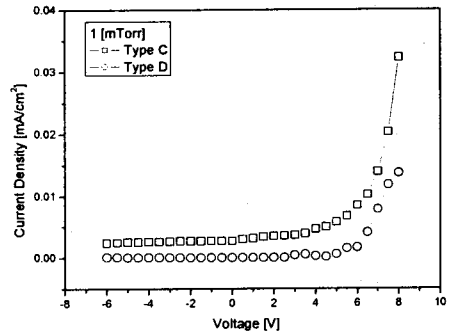
그림 5는 자계 분포에 따른 방전 전압의 실제 그림을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 집중형의 경우 두 타겟 사이의 플라즈마 밀도가 중심에서 가장 높은 것을 알 수 있다. 이는 그림 3에 나타난 바와 같이 구속 자계 분포가 집중형의 경우 두 타겟의 중심 축 영역에서 가장 높기 때문에 이에 구속되는 r-전자 또한 높아 지게 된다. 따라서 두 타겟 중심 축에서 외각으로 멀어질 질 수록 구속된 r-전자의 수는 감소하게 되고 중심 축 영역의 많은 수의 구속 r-전자로 인해 방전 가스의 이온화를 촉진 시켜 그림에 나타난 것처럼 중심 축 영역에서의 높은 이온화 현상이 발생되는 것이다. 그러나 그림 (b) 분

산형의 경우에는 집중형과는 달리 구속 자계 분포가 두 타겟 사이의 중심축에 집중되지 않고 타겟 전면에 걸쳐 균일하게 분포하고 있기 때문에 평균적으로 균일한 구속 자계가 형성된다. 따라서 두 타겟 사이에서 발생하는 가스의 이온화 역시 균일한 공간 분포를 갖게 되는 것이다. 이는 집중형의 경우 플라즈마 종들 간의 충돌이 두 타겟 중심축 영역에서 많이 발생되고 분산형의 경우에는 두 타겟 사이 전영역에서 집중형에 비해 균일한 충돌이 발생됨을 의미한다.

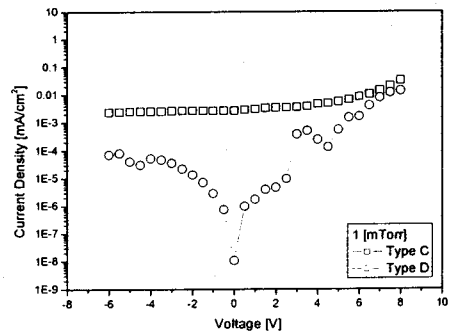


(a) 집중형 자계 분포(C) (b) 분산형 자계 분포(D)
그림 5. 집중형 및 분산형 자계 분포에 따른 방전 특성

다시 말해 그림 5에 나타난 바와 같이 플라즈마 측면에 위치한 기관으로 이동하여 증착되는 r-전자의 기관 충돌 확률은 분산형에 비해 집중형 자계 분포일 때가 높다는 것을 알 수 있다. 따라서 그림 4에 나타난 방전 전압이 집중형에 비해 분산형 자계 분포일 때가 방전 전압은 높아도 기관으로 이동하여 유기물상에 손상을 입히는 r-전자의 충돌 확률은 분산형 자계 분포일 때가 적다는 것을 알 수 있다. 또한 r-전자뿐만 아니라 이외의 플라즈마 종들간의 충돌 역시 분산형 자계 분포인 경우가 높기 때문에 기관에 도달하는 입자들의 에너지를 충분히 낮출 수가 있게 된다. 그림 6은 자계 분포 변화에 따라 제작된 Al/LiF/EML/HTL/ITO 구조를 갖는 OLED의 I-V 특성을 나타낸 것이다.



(a) 집중형 자계 분포



(b) 분산형 자계 분포

그림 6. 자계 분포에 따른 OLED의 I-V 특성

그림에 나타난 바와 같이 자계 분포 변화에 따라 OLED의 I-V 특성에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 그림 6 (a)의 집중형의 경우에는 OLED의 구동 전압이나 전류 밀도가 높게 나타나는 것을 알 수 있으며 역방향 전압을 인가한 경우 전반적으로 균일하지만 높은 leakage-current를 나타내고 있다. 그러나 그림 6 (b)의 분산형 자계 분포의 경우에는 구동 전압 및 순방향 전류 밀도가 집중형 자계 분포인 경우 제작된 OLED에 비해 낮지만 역방향 전압을 인가한 경우에는 분산형 자계 분포인 경우가 $1 \times 10^{-4} [\text{mA}/\text{cm}^2]$ 의 leakage-current 밀도를 나타내었다. 따라서 분산형 자계 분포의 경우가 유기물 상에 주는 손상이 집중형에 비해 매우 작다는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터링 장치를 이용하여 OLED용 Al 음전극을 제작하였다. OLED 소자의 leakage-current 감소를 위해 Al 음전극 제작시 발생하는 고에너지 입자들의 기관충돌로 인한 유기물 층의 손상을 억제하기 위해 r -전자 등의 하전 입자를 효율적으로 플라즈마 내로 구속하기 위해 집중형과 분산형 자계 분포로 변화시켜 Al 음전극을 제작하였다. 그 결과 집중형의 경우가 분산형 자계 분포에 비해 낮은 방전 전압 특성을 나타내었다. 그러나 두 타겟 사이에서 형성되는 플라즈마 분포를 보면(그림 5) 분산형 자계 분포인 경우가 타겟 사이의 전 영역에서 플라즈마 종들 간의 충돌로 인한 이온화 확률이 높다는 것을 알 수 있다. 또한 집중형과 분산형 자계 분포 변화에 따른 OLED 소자의 I-V 특성을 보면 분산형 자계 분포인 경우 leakage-current 밀도가 $1 \times 10^{-4} [\text{mA}/\text{cm}^2]$ 를 갖는 OLED용 Al 박막을 제작 할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 치바 요시아키, special report, Display, 2004. 9월호
- [2] Y. Yang and A. H. Heeger, Synth. Metals 87, (1997) 171
- [3] S. A. Carter, M. Angelopoulos, S. Karg, P. J. Brock, and J. C. Scott, Appl. Phys. Lett. 70, (1997) 2067
- [4] K.Zhang, F.Zhu, C.H.A.Huan, A.T.S. Wee, J.Appl.Phys. 86 (1999) 974
- [5] F.Zhu, C.H.A.Huan, K.Zhang, A.T.S. Wee, Thin Solid Films 359 (1999) 244
- [6] R. Glang, "Vacuum Evaporation" in L. I. Maissel and R. Glang (eds) "Handbook of Thin Film Technology", Chapter 1, McGraw-Hill, New York, (1970) 1-56.
- [7] Y. Hoshi, H. Omi, K. Funatsu, Thin Solid Films 445(2003) 245-250
- [8] J.S. Yang, M.J. Keum, K.H. Kim, Surface and Coating Technology 169-170 (2003) 575-578