

유기물 광전소자 제작을 위한 박스 캐소드 스퍼터 기술

김한기, 이규성*, 김광일*
 금오공과대학교, *삼성 SDI

Box Cathode Sputtering Technologies for Organic Optoelectronics

Han-Ki Kim, Kyu-Sung Lee*, Kwang il Kim*
 Kumoh National Institute of Technology (KIT). *SAMSUNG SDI.

Abstract : We report on plasma damage free-sputtering technologies for organic light emitting diodes (OLEDs), organic thin film transistor (OTFT) and flexible displays by using a box cathode sputtering (BCS) method. Specially designed BCS system has two facing targets generating high magnetic fields ideally entering and leaving the targets, perpendicularly. This target geometry allows the formation of high-density plasma between targets and enables us to realize plasma damage free sputtering on organic layer without protection layer against plasma. The OLED with top cathode prepared by BCS shows electrical and optical characteristics comparable to OLED with thermally evaporated Mg-Ag cathode. It was found that TOLED with ITO or IZO top cathode layer prepared by BCS has much lower leakage current density (1×10^{-5} mA/cm² at -6V) than that ($1 \times 10^{-1} \sim 10^0$ mA/cm²) of OLED prepared by conventional DC sputtering system. This indicates that BCS technique is a promising electrode deposition method for substituting conventional thermal evaporation and dc/rf sputtering in fabrication process of organic based optoelectronics.

Key Words : Plasma damage-free, OLED, Box Cathode Sputter (BCS), leakage current, high-density plasma

1. 서론

고품위의 유기물 광소자나 유기물 전자소자를 제작하기 위해선 전자/정공 주입 특성이 우수한 전극의 형성이 중요하다. 이러한 전극을 제작하기 위해선 일반적으로 thermal evaporation법을 이용하여 Al, Mg-Ag, Ca, Al-Li과 같은 금속 양극 전극을 유기물 상에 증착하여 OLED를 제작하고 있다. 그러나 대형 OLED 제작에 있어 point source 타입의 thermal evaporation은 한계가 있으며, 특히 Al 양극 증착 시 Al과 crucible간의 반응, Al 금속의 creeping 현상, 이로 인한 증착 속도 조절의 어려움과 같은 단점을 가지고 있다. 또한 고온의 crucible을 사용함에 따른 장비 운영상의 어려움과 높은 crucible 온도를 고려한 기판과 소스와의 거리 문제 역시 point source 타입의 thermal evaporation법이 가진 문제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 스퍼터를 이용한 양극 금속 박막 및 투명 전도막 증착에 관한 연구가 활발히 진행되어 오고 있다. [1-5] 특히 전면 발광 OLED (Top emission OLED)를 제작하기 위해선 투명 양극 박막을 유기물상에 증착하여 전극을 형성해야 하나 플라즈마의 노출에 민감한 유기물의 특성으로 인해 지금까지는 아주 낮은 파워를 이용하여 rf 스퍼터 방식으로 투명 전극을 증착 시켜 왔다. 일반적으로 유기물은 플라즈마 내의 고에너지 입자의 충돌에 의해 쉽게 광특성/전기적 특성이 열화 되기 때문에 스퍼터 방식은 OLED/OTFT 제작에 적합하지 않다고 알려져 왔으나, 최근 박스 캐소드 스퍼터라는 새로운 방식의 스퍼터가 개발되어 OLED 제작에 있어 스퍼터 공법의 가능성이 다시 부각되고 있다.

따라서 본 연구에서는 OLED/OTFT/Flexible Display용

전극 증착이 가능한 박스 캐소드 스퍼터를 개발하여 그 특성과 이를 이용하여 제작된 OLED 특성에 대해 연구하였다.

2. 실험

본 연구에 의해 개발된 박스 캐소드 스퍼터의 단면을 그림 1에 나타내었다. 서로 마주보고 있는 타겟 사이에 고밀도의 플라즈마가 형성될 수 있도록 한쪽 타겟에서 다른 한쪽 타겟으로 이어지는 고밀도의 자기장을 형성하였으며 사각의 Glass에 적합하도록 moving rectangular type의 박스 캐소드 건을 제작하였다. 이 박스 캐소드를 이용하여 Al, ITO, IZO 양극 전극을 OLED 상에 증착하였으며 그 특성을 전극 제작용으로 일반적으로 사용되고 있는 DC 스퍼터 방식으로 제작된 OLED와 비교 하였다.

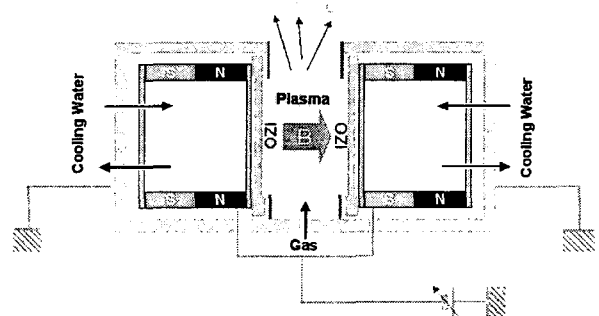


그림 1. Schematic diagram of Box Cathode Sputtering [3,5]

본 실험에 사용된 Test cell은 thermal evaporation을 이용하여 Mg-Ag/LiF/Alq₃/NPB/ITO/Glass의 구조로 제작하였

으며 Photo Research PR-650 spectrophotometer를 통해 I-V-L을 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2(a)는 일반적인 DC 스퍼터를 이용하여 증착시킨 Al 양극 전극을 가진 OLED의 전류-전압 특성 및 EL 이미지를 나타내고 있다. 100nm 두께의 Al 양극 박막을 Mg-Ag/LiF/Alq₃/NPB/ITO 구조의 TEST cell 상에 증착시켰으며 이때 역 바이어스 및 순 바이어스에서 높은 누설 전류를 나타내었다. 특히 -6V에서는 10⁻² mA/cm²의 누설 전류 밀도를 나타내는데 이는 DC 스퍼터로 Al 전극 형성 시 플라즈마 내에 존재하는 높은 에너지의 입자의 충돌로 인해 유기물의 특성이 열화 되었기 때문이다. 특히 Alq₃의 경우 이온의 충돌에 의해 반도체 특성이 금속 특성으로 변할 수 있기 때문에 스퍼터 공정 시 누설전류의 원인으로 작용할 수 있다.[1,6]

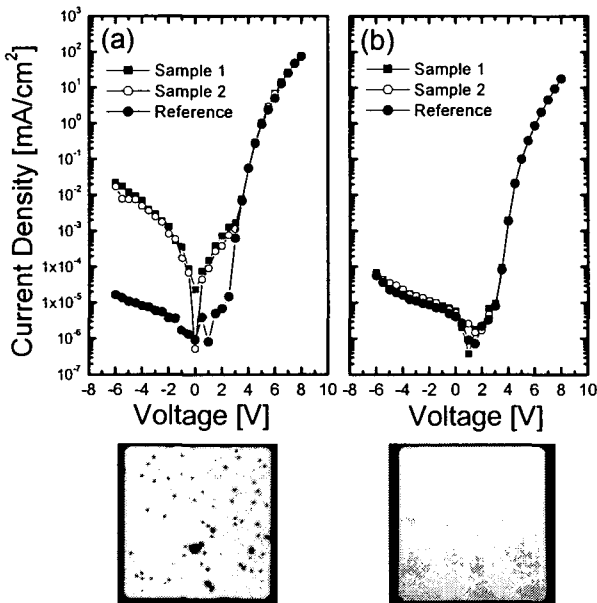


그림 2. (a) DC 스퍼터로 제작된 Al 전극을 가진 OLED와 (b) BCS로 제작된 Al전극을 가진 OLED의 전류-전압 특성 및 EL 이미지 [1]

즉 큰 에너지를 가진 입자 (neutral Ar, oxygen ions, Ar ions, sputtered atoms)가 유기물과 충돌하여 유기물의 특성을 금속 특성으로 바꾸게 되면 충돌 부분은 Leakage path로 작용하며 전류가 흐르게 되어 누설전류가 발생하게 된다. 그러나 BCS로 제작된 Al 양극 전극의 가진 OLED의 경우 그림 2(b)에 나타나듯이 reference와 거의 유사한 특성의 전압-전류 특성을 나타내며 역 바이어스에서도(-6V) 누설전류를 나타내고 있지 않다. 이는 전극 형성 시 플라즈마에 의한 영향을 거의 받지 않고 Al 전극을 증착 시켰음을 나타내고 있다. EL 이미지 역시 DC 스퍼터로 제작된 OLED 경우 다수의 흑점 (dark spot)을 나타내고 있는데 BCS로 제작된 OLED의 경우 흑점이 없는 아주 깨끗한

EL 이미지를 나타내고 있다. 이와 같이 플라즈마 데미지 없이 OLED를 제작할 수 있는 BCS의 특성은 먼저 OLED 기판과 독립적으로 떨어져 있는 플라즈마 영역으로 설명할 수 있다. 그림 1에서 나타내듯이 OLED 기판 자체가 플라즈마 생성 영역 밖에 위치하기 때문에 상대적으로 높은 에너지를 가진 입자의 충돌을 덜 받게 된다. 또한 플라즈마가 타겟과 타겟 사이에 구속되어 있어 플라즈마에 기판 노출 효과를 최소화 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 형성된 플라즈마가 고밀도 플라즈마이기 때문에 스퍼터된 원자 혹은 높은 에너지를 가진 입자의 에너지를 입자와 입자간의 충돌로 낮출 수 있기 때문에 낮은 에너지를 가진 입자로 박막을 성막 시킬 수 있다. 이러한 BCS만의 특징으로 인해 플라즈마 데미지 효과가 없는 OLED/OTFT/Flexible display를 제작할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 차세대 디스플레이로 각광 받고 있는 OLED/Flexible display를 제작하기 위한 새로운 개념의 전극용 스퍼터인 박스 캐소드 스퍼터를 개발하였다. 박스 캐소드 내부에 형성되는 구속된 플라즈마로 인해 유기물 층에 플라즈마 데미지 없이 금속 및 투명 전도막을 (ITO, IZO) 스퍼터링 할 수 있었으며 이는 스퍼터 공법이 OLED 제작 공정에 응용될 수 있음을 말해 준다. 뿐만 아니라 박스 캐소드 스퍼터로 제작되는 박막은 낮은 에너지를 가진 입자를 이용하여 성막 하기 때문에 저온공정이 필요한 Flexible display에도 응용이 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 삼성 SDI의 K2 project의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Han-Ki Kim, D.-G. Kim, K.-S. Lee, M. S. Huh, S. H. Jeong, K. I. Kim, H. Kim, D. W. Han, and J. H. Kwon, Appl. Phys. Letts. Vol. 85, p. 4295, 2004.
- [2] Han-Ki Kim, D.-G. Kim, K.-S. Lee, M. S. Huh, S. H. Jeong, and K. I. Kim, Appl. Phys. Letts. Vol. 86, p. 183503, 2005.
- [3] Han-Ki Kim, K.-S. Lee, and J. H. Kwon, Appl. Phys. Letts. (in press).
- [4] Han-Ki Kim, K.-S. Lee, M. J. Keum, and K. H. Kim, Electrochem. Solid-State. Letts. (in press)
- [5] Han-Ki Kim, K.-S. Lee, and H. -A. Kang, J. Electrochem. Soc. (in press)
- [6] L. S. Liao, L. S. Hung, W. C. Chen, X. M. Ding, T. K. Sham, I. Bello, C. S. Lee, and S. T. Lee, Appl. Phys. Letts. Vol. 75, p. 1619, 1999.