

주사 전자 현미경으로 관찰한 유기 발광 소자의 누적층 모양

이은혜, 윤희명, 한원근, 김태완, 이원재*, 장경욱*, 안준호**
 홍익대학교, *경원대학교, **KAIST

Images of deposited layers of organic light-emitting diodes observed by scanning-electron microscope

Eun-Hye Lee, Hee-Myoung Yoon, Wone-Keun Han, Tae-Wan Kim,
 Won-Jae Lee*, Kyung-Uk Jang*, and Joon-Ho Ahn**
 Hongik Univ. *Kyungwon Univ. **KAIST

Abstract : Images of deposited layers of organic light-emitting diodes were observed by scanning-electron microscope (SEM). We were able to see a clear cross-sectional view of deposited layers. The SEM is a type of electron microscope that images the sample surface by scanning it with a high-energy beam of electrons in a raster scan pattern. A thickness of deposited layer measured by thickness monitor is close to a real value measured by a-step surface profiler within 5%. We were able to see a formation of domains of size about 50-100nm from a surface morphology of Al, and pin holes of size about 50nm.

Key Words : Organic light-emitting diodes, SEM, a-step.

1. 서 론

유기 발광 소자는 유연한 디스플레이, 유기 박막 트랜지스터, 유기 광기전력 소자, 유기 검출기와 같은 새로운 연구 분야를 열었다. 현재 유기 발광 소자에 대한 많은 연구와 관심이 증대되고 있다.¹ 유기 소자에 대한 연구는 대부분이 효율, 수명, 구동 전압에 집중되어 있다. 제작된 소자에서 전극과 유기물층은 a-step과 SEM(scanning electron microscope : 주사전자현미경)을 이용하여 관찰할 수 있다. a-step은 소자의 팁으로 표면을 얇게 긁음으로서 증착된 두께를 측정할 수 있다. SEM은 소자면 위에 전자선을 주사하여 신호를 검출하고, 화면에 화상을 표시하거나 기록하여 시료의 형태, 미세 구조의 관찰, 구성 원소의 분포, 정성, 정량 등을 분석하는 방법이다.^{2,3} 1935년 독일의 Max Knoll로 의해서 처음으로 제작되었는데⁴, SEM은 주로 금속 등의 도체, IC, 반도체, 고분자 재료나 세라믹 등의 절연물, 박막 시료 등에 주로 사용되고 있다.

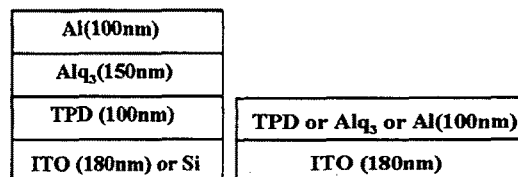
본 논문에서는, SEM으로 누적층을 측정하기 위해서 (ITO or Si)/TPD/Alq₃/Al 구조로 소자를 제작하였고, a-step으로 누적층의 두께를 측정하기 위해서 ITO/(TPD or Alq₃ or Al) 구조로 소자를 제작하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용된 소자의 구조는 그림 1(a)의 (ITO or Si)/TPD(100nm)/Alq₃(150nm)/Al(100nm)와 그림 1(b)의 ITO/(TPD(100nm) or Alq₃(100nm) or Al(100nm)) 구조로 소자를 제작하였다. ITO는 양극으로 사용되었고, Si은 음극

으로 사용하였다. Asahi 회사의 제품인 ITO를 식각 처리한 후 2cm×2cm 크기로 잘라서, 초음파 세척기에서 chloroform(CHCl₃), ethyl alcohol(C₂H₅OH), 그리고 증류수를 사용하여 각각 50℃에서 20분간 세척하였으며, 세척된 ITO 유리는 질소 기체로 건조시켰다. Alq₃와 TPD는 10⁻⁶torr의 압력에서 열 증착하였다. Al도 10⁻⁶torr의 압력에서 열 증착하였다.

먼저 a-step으로 측정하기 위해서는 소자를 제작하여 Tencor Alpha Step 250 profilometer에 올려놓고 팁을 이용해 여러 방향에서 누적층을 측정해 보았다. SEM으로 측정하기 위해서는 유기 발광 소자 1개를 6등분으로 자른 후 carrier에 양면 테이프로 붙이고 Ion Supper(E-1030)에 넣어 PDPT를 10nm로 코팅하기 위해서 2분간 두었다. 그 후 FE-SEM(S-4700)으로 소자를 옮겨 10~15분간 진공을 잡은 후 배율을 달리하면서 시료의 누적층과 표면을 측정하였다.



(a)

(b)

그림 1. (a) (ITO or Si)/TPD/Alq₃/Al와 (b) ITO/(TPD or Alq₃ or Al)의 유기 발광 소자 구조.

3. 결과 및 검토

그림 2(a)와 2(b)는 ITO/TPD/Alq₃/Al과 Si/TPD/Alq₃/Al의 유기 발광 소자에서 SEM을 5만배로 확대하였을 때 얻은 누적층의 단면 모습을 나타내고 있다. 양극으로는 ITO와 Si를 사용하였는데, ITO는 두께가 180nm이고, 유기물로는 TPD 100nm, 그리고 Alq₃는 100nm와 150nm 두 종류로 증착하였다. 음극으로 사용한 Al은 100nm로 증착하였다. 증착된 누적층을 SEM으로 측정된 결과를 그림 2에 나타내었다. 그림 2(a)를 보면, ITO는 180nm, TPD는 100nm, Alq₃는 150nm, 그리고 Al은 80nm로 측정되었다. 그림 2(b)는 Si 위에 증착하였을 때의 결과를 보여주고 있다. TPD는 100nm, Alq₃ 145nm, 그리고 Al은 80nm로 측정되었다. 다른 두께 측정 방법인 a-step으로 박막을 측정할 결과, ITO는 180nm, TPD는 84nm, Alq₃는 86nm, 그리고 Al은 78nm로 측정되었다. ITO와 TPD는 두께 측정기에서 얻은 값과 실제값이 비슷하게 측정되었지만, Alq₃와 Al은 실제값이 두께 측정기에서 얻은 값보다 조금 적은 값을 얻었다. 또한 ITO 위에 물질을 증착한 것보다 Si 위에 물질을 증착한 경우 누적층의 경계가 더 뚜렷한 이미지를 얻을 수 있었다. 그리고 양극으로 ITO나 Si를 이용한 경우 누적된 Al의 표면을 관찰해 본 결과 퍼즐 조각같은 domain이 50~100nm의 크기로 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 Al이 증착된 정밀도를 확인해 본 결과 50nm의 pin hole이 생긴 것을 확인할 수 있었다.

표 1은 반복적인 실험을 통해 SEM과 a-step으로 유기 발광 소자의 누적층을 측정하였을 때 얻은 결과를 요약한 것이다. ITO의 두께는 모두 같은 값을 얻었지만 유기물층과 전극은 SEM으로 측정된 것보다 a-step으로 측정된 것이 누적층의 두께가 약간 적게 나왔다. 이것은 팁으로 측정시 팁이 유기 발광 소자를 긁는 과정에서 깊게 들어가게 되어 두께가 적게 나온 것으로 판단된다.

표 1. 유기 발광 소자의 누적층을 SEM과 a-step으로 측정된 결과.

	SEM	a-step
Al(100nm)	82%	78%
Alq ₃ (100, 150nm)	97%	86%
TPD(100nm)	93%	84%
ITO(180nm)	100%	100%

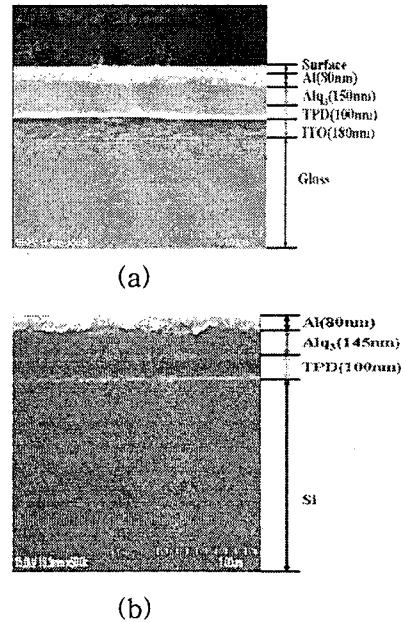


그림 2. (a) ITO/TPD/Alq₃/Al과 (b) Si/TPD/Alq₃/Al의 유기 발광 소자를 SEM으로 측정된 누적층의 단면 모습.

4. 결론

SEM과 a-step을 이용해서 유기 발광 소자의 누적층을 관찰해 보았다. patterning한 ITO 위에 물질을 증착한 것보다 Si 위에 물질을 증착한 경우, 누적층의 경계가 뚜렷하게 나타났다. Si를 증착한 표면을 관찰해본 결과, domain이 형성된 것을 볼 수가 있었으며 50nm의 pin hole이 생기는 것도 확인할 수가 있었다. 진공 증착 장비의 두께 측정기에서 관찰된 누적층보다 SEM으로 측정된 누적층의 두께가 적게 나왔지만 5% 내외로 거의 일치하는 것을 볼 수가 있었다. 그러나 a-step으로 누적층을 측정할 결과 좀 더 큰 차이를 보이고 있는데, 이것은 측정하는 과정에서 팁으로 인해 깊게 긁혀서 이러한 결과가 나왔을 것으로 생각한다. 이로부터 소자 제작 과정에서 유기 발광 소자의 두께가 거의 예상대로 잘 증착되는 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. Vanslyke, Appl. Phys. Lett Vol 51, p. 913, 1987.
- [2] K. C. A. Smith, B. A., C. W. Oatley, M. A., M. Sc, Br. J. Appl. Phys Vol. 6, p. 391-399, 1955.
- [3] Joseph. Goldstein, Dale New Bury, David Joy, Charles Lyman, Patrick Echlin, Eric Lifshin, Linda Sawyer, Joseph Michael, "Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis", Springer, 2003, ISBN. 0306472929..
- [4] Knoll, Max, Zeitschrift für technische Physik 16, p. 467 - 475. 1935.