Index Matching Film이 적용된 ITO 투과율 특성에 관한 연구

기현철[a,1], 김상기[2], 김은미[1], 박경희[1], 구할본[1]
[a]한국광기술원, [1]전남대학교 전기공학과, [2](주)링크라인아이엔씨

A Study on Transmittance Characteristic of ITO with Index Matching Film.

Hyun-Chul Ki*,**, Kim Sang-Gi***, En Mei Jin**, Kyung-Hee Park**, Hal-Bon Gu**
*KOPTI, **ChonNam Univ. ***Linkline INC.

Abstract : We have proposed an index matching film to improve the emitting efficiency of green OLED. Here, SiO2 and TiO2 were selected to coat the green OLED. The structures of index matching film were designed in Glass/TiO2/SiO2/ITO and SiO2/TiO2/Glass/ITO. Then, these materials were deposited by ion-assisted deposition system. Transmittances of deposited devices were 86.14 and 85.07 %, respectively.

Key Words : ITO, Index matching film, Transmittance

1. 서 론

유기발광소자는 디스플레이 뿐만 아니라 LCD 백라이트, 조명용 광원등 다양한 분야에 응용될 수 있기 때문에 고효율 유기 발광 다이오드를 제작하기 위하여 Tris(8-hydroxyquionlinoline) aluminum (Alq3)을 이용하여 Tang, Vanslyke등이 연구를 수행하였다.[1,2] 유기발광소자의 내부양자효율이 높은 자발광물질, 인광성 물질 그리고 정공 차단층 물질과 전자와 정공의 이동도를 조절할 수 있기 때문에 현재 이론적인 효율까지 나올 수 있다. 또한 에어로젤(Aerogel) 구조, Micro-cavity 구조 , Photonic crystal 구조 등이 외부발광 효율을 향상시키는데 사용되고 있다. 특히 Reil 등은 유기발광소자의 외부 발광효율을 향상시키기 위하여 단층의 유전체 층을 얇은 금속 전극의 위층에 증착하는 구조를 발표하였다.[3]

또한 최근에는 광학설계를 이용하여 유기발광소자의 발광효율 특성을 조절할 수 있는 수준까지 개발 되었다. 이러한 것은 유기발광소자의 분광특성 뿐만 아니라 외부 발광효율이 각 층의 두께와 같은 유기발광소자의 구조에 따라 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다.

그리고 일반적인 유기발광소자의 발광효율은 내부발광효율이 51 %, 외부발광효율이 17.5%로써 나머지 31.5%는 Glass 옆면으로 산란된다. Glass 옆면으로 산란을 방지함으로써 유기발광소자의 발광효율을 향상시킬 수 있다. Glass 옆면으로 산란되는 빛을 방지하는 방법으로 주로 Micro-cavity 와 Photonic crystal 구조를 사용하나 공정이 복잡하고 수율도 떨어진다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본연구에서는 광학박막인 Index matching film을 이용하여 ITO와 Glass면의 굴절률 차이를 보정함으로써 외부 발광효율을 향상시키는 방법으로, ITO/Index matching film/Glass 구조와 Glass와 공기와의 굴절률 차이를 보정할 수 있는 ITO/Glass/Index matching film 구조를 이용하여 ITO의 투과율을 향상시킴으로써 유기발광소자의 휘도 향상을 하고자 한다.

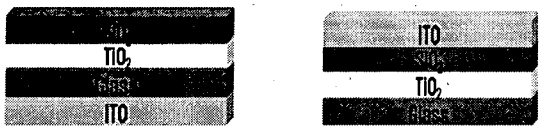
2. 실 험

2.1. Index matching film 설계

유기발광소자의 효율 향상을 위한 Index matching film을 설계하기 위하여 Macleod simulator를 이용하여 설계를 하였다. Index matching film에 사용할 물질은 200 ~ 4,500 nm 영역에서 투과하며 굴절률이 낮고, 내구성이 높고 외부환경에 강하며 무반사 코팅, 금속 박막의 보호층 등에 사용되고 있는 SiO_2와 투과영역이 400 ~ 3,000 nm이며 기계적 내구성이 높아 다층 박막에서 굴절률이 작은 SiO_2와 한 짝을 이루는 고굴절률 박막으로 많이 사용되고 있는 TiO_2 물질을 선정하였다.

Index matching film의 설계는 선정된 물질의 굴절률 측정값을 Macleod simulator에 입력하여 녹색유기발광소자의 발광파장영역인 510 nm를 기준 파장으로 해서 설계하였다. 그림 4.1은 기존의 녹색유기발광소자와 Index matching film을 적용시킨 녹색유기발광소자를 나타냈다. Index matching film의 설계는 ITO와 Glass면의 굴절률 차이를 Glass/TiO_2/SiO_2/ITO 보정하는 구조와 Glass와 공기와의 굴절률 차이를 보정하는 SiO_2/TiO_2/Glass/ITO 구조로 설계하였다. Index matching film이 적용된 Substrate의 구조는 그림 1과 같다. 표.1은 설계된 Index matching film의 각각의

두께를 나타냈다.



(a) (b)

그림. 1. Index matching film 구조

표 1. Index matching film의 두께

Structure	TiO_2 thickness[nm]	SiO_2 thickness[nm]	Total thickness[nm]
SiO_2/TiO_2/Glass/ ITO	92.90	55.54	148.44
Glass/TiO_2SiO_2/ ITO	95.95	145.26	241.21

2.2. Index matching film 증착

Index matching film의 증착은 이온빔 보조 증착 (Ion-assisted deposition system: (주) Opto-run))을 이용하였다. 이온빔 보조증착은 내구성이 높고 외부 환경의 변화에 강한 고품질의 광학 박막을 증착할 수 있다.[4]

3. 결과 및 고찰

일반적인 ITO, Glass/TiO_2/SiO_2/ITO 구조 와 SiO_2/TiO_2/Glass/ITO구조의 투과율 측정값을 표1에 나타냈다. 일반적인 ITO 기판의 500 nm영역에서 투과율은 80.6%이다.

Glass/TiO_2/SiO_2/ITO 구조의 투과율은 86.14%이였으며 SiO_2/TiO_2/Glass/ITO 구조의 투과율은 85.07%를 나타냈다.

그림2는 각각의 Index matching film이 적용된 substrate의 투과율을 가시광 영역인 300~800 nm에서의 투과율을 나타낸 그래프이다. Index matching film을 적용함으로써 일반적인 ITO 투과율보다 5 ~ 6% 이상 향상됨을 알 수 있었다. 이것은 Index matching film에 의하여 Glass 면을 투과하는 빛의 양이 많아지는 것이며, 일반적인 ITO의 Glass 면으로 산란되는 빛의 양을 감소하게 되어짐을 알 수 있다. 또한 Index matching film을 Glass와 ITO 사이에 적용을 한 ITO 투과율이 1%정도 향상 되었다. 그러나 이것은 설계에 의해서 변할 수 있는 값이다. 따라서 Index matching film을 적용하는 위치에 따라 ITO 투과율은 약간의 차이만 있을 뿐 많은 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 하지만 실제 유기발광소자에 적용하였을 때 기준파장에 따라서 발광효율에는 영향을 줄 수 있다고 판단된다. Index matching film이 적용된 ITO 기판을 사용하였을 경우 발광효율 향상을 줄 수 있다고 판단된다.

표.2 500nm 영역에서의 Index matching film의 투과율

Sample Number	Transmittance[%]
Normal ITO	80.6
Glass/TiO_2/SiO_2/ITO	86.14
SiO_2/TiO_2/Glass/ITO	85.07

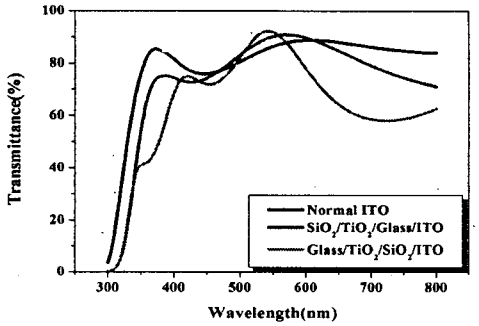


그림2. Index matching film이 적용된 ITO 투과율

4. 결 론

고효율의 녹색 유기발광소자를 개발하기 위해서 Glass면으로 산란되는 빛의 양을 감소하기 위한 방법으로 Index matching film을 적용하여 ITO 기판을 제작 후 투과율을 측정한 결과 Glass/TiO_2/SiO_2/ITO 구조의 투과율은 86.14%이였으며 SiO_2/TiO_2/Glass/ITO 구조의 투과율은 85.07%를 나타냈다.

따라서 Index matching film이 적용된 ITO 기판을 사용하였을 경우 발광효율 향상을 줄 수 있으며, 고효율의 유기발광소자를 제작할 수 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

[1]M. A. Baldo, D. F. O'Brien, Y. You, A. Shoustikov, S. Sibley, M. E. Thompson, S. R. Forrest, "Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices", Nature 395, p151, 1998.

[2] Y. Fukuda, T. Watanabe, T. Wakimoto, S. Miyaguchi, M. Tsuchida, "An organic LED display exhibiting pure RGB colors", Synthetic Metals, Vol 11, 1, pp.1-6, 2000.

[3] H. Riel, S. Karg, T. Beierlein, W. Rieß , K.Neyts, "Tuning the emission characteristics of top-emitting organic light-emitting devices by means of a dielectric capping layer", J. Appl. Phys., Vol 94, Issu 8, p5290, 2003.

[58] J. M. E. Harper, J. J. Cuomo, R. J. Gambino, H.R, Kaufman, "Modification of thin film properties by ion bombardment during deposition' in Ion Bombardment Modification of Surfaces, 1984.