

유기 EL 보호층으로 적용하기 위한 무기 복합 박막의 투습율 특성 연구

Study on the Water Vapor Permeation Properties of the Inorganic Thin Composite Film for the Passivation Layer in the OLED

김광호¹, 이주원¹, 김영철², 주병권¹, 김재경^{1,a}
(Kwang-Ho Kim¹, Joo-Won Lee¹, Young-Chul Kim²,
Byeong-Kwon Ju¹, and Jae-Kyung Kim^{1,a})

Abstract

In this study, we investigated the WVTRs properties of inorganic thin composite films(ITCFs) to be newly adopted as the passivation layer of the OLED to replace the inorganic compound material. Because we thought that inorganic compound materials were limited to enhance the barrier property of thin film. So, ITCFs were fabricated by mixing the cooperated material with the base material. And then, ITCFs were deposited onto the plastic substrate using the electron beam evaporation system and the water vapor transmission rates(WVTRs) were measured using the Mocon equipment. As a result of the WVTR measurement, we could analyze the WVTR values for various ITCFs. ITCFs had a remarkably lower value than the inorganic compound film. Through the analysis of thin film, we can understand the crystal structure and mixed amount. Therefore, ITCFs can be used as the inorganic passivation layers of OLED with the inorganic compound film.

Key Words : Thin composite films(TCFs), Water vapor transmission rate(WVTR), Passivation layer, OLED

1. 서론

유기 EL[1] 디스플레이가 처음으로 1997년 자동차의 계기판에 적용하여 상용화된 후, 2000년대에는 휴대폰까지 확장 사용되고 있으며, 점차적으로 시장을 형성하여 주목을 끌고 있다. 10인치 이상의 대화면 유기 EL를 학회나 전시회에 발표하고 있어 더욱 관심의 대상이 되고 있다. 유기 EL은 저전압 구동, 자기 발광, 높은 발광 효율, 광시야각, 빠른

응답속도 등의 매력적인 특징을 갖고 있다[2]. 특히, 단일 기관위에 수 밀리미터 정도의 기능성 박막으로 이루어져 아주 간단한 구조를 갖고 있다 [3,4]. 그러나, 유기 EL은 산소와 수분에 매우 민감하기 때문에 이를 보호하기 위한 방법 또한 큰 이슈가 되고 있다.

현재 유기 EL를 보호하기 위한 방법으로는 금속 및 유리를 이용한 밀봉(encapsulation)을 적용하고 있으나 공정이 복잡하고 비용이 많이 드는 문제점을 가지고 있다. 그러나, 박막을 이용한 보호층(passivation layer)을 고려한다면, 더욱 얇고 가벼운 유기 EL을 제작할 수 있으며, 궁극적으로는 휘 수 있는 디스플레이까지 영역을 넓힐 수 있다 [5-7]. 실리콘 옥사이드(SiO₂), 실리콘 나이트라이드(Si_xN_y), 알루미늄 옥사이드(Al₂O₃) 등과 같은 기존 무기 박막 등이 보호층으로 거론되고 있으나, 기존 무기 박막으로만 형성된 경우 그 물질 자체

1. 한국과학기술연구원 마이크로시스템
(서울시 성북구 하월곡동 39-1)
2. 경희대학교 영상정보소재 기술연구센터
a. Corresponding Author : jack@kist.re.kr
접수일자 : 2003. 9. 8
1차 심사 : 2003. 11. 5
2차 심사 : 2004. 1. 6
심사완료 : 2004. 1. 16

의 물리적 특성 이상의 성질을 기대하기 어렵다고 여겨지기 때문에 산소나 수증기에 대한 높은 투습율(WVTR)[8-10] 및 투산소율(OTR)[11-12]을 가진다고 볼 수 있어 유기 EL 보호층으로 적용하기가 어렵다고 생각된다.

본 실험에서 기존 무기 박막의 투습율 및 투산소율의 특성을 향상시키기에는 한계가 있다고 생각되었다. 그러므로, 박막의 투습율 특성을 향상시킬 수 있는 방법으로 유리 형태처럼 비정질 상태를 이루는 박막을 착안하였다. 보통 silicate, borosilicate, soda-lime, lead glass는 상대적으로 기계적인 강도 및 열팽창 계수 등의 물리적인 특성이 다르게 나타난다. 또한, 네 가지 유리들은 각각 수 시간, 한 달, 100년, 1000년의 다른 투습(permeation) 특성을 보여준다. 이와 같은 투습 특성을 보여주는 이유는 유리에 들어가는 불순물 양 (impurity rate)에 따라 다르게 나타나는 현상으로 생각되어지는데, 보통 silicate는 단결정(single crystal) 구조로 되어 있는 반면, borosilicate, soda-lime, lead glass는 각각 20%, 30%, 40%의 불순물이 함유되어 있는 비정질 상태로 되어 있는 유리를 이루고 있다. 불순물이 증가할수록 투습 특성이 향상된 것으로 생각할 수 있다. 그러므로, 기존의 무기물에 불순물을 일정 비율로 첨가한 무기 복합 박막을 제작하여 투습율을 감소시키는 방법을 강구할 수 있겠다.

따라서, 투습 특성을 향상시키기 위하여 무기물(base inorganic material)에 다른 무기물(cooperated inorganic material)을 소량 첨가하여 무기 복합 박막(thin composite films)을 형성하도록 하였다. 무기 복합 박막 제작시 서로 다른 무기물 및 첨가되는 양에 따라 다르게 적용하였다. 상기 서술한 박막을 가지고 전자선 증착기를 이용하여 플라스틱 기판에 증착한 후 Mocon 장비를 사용하여 투습율(water vapor transmission rate)을 측정하였다.

2. 실험

2.1 혼합 무기물 제작 방법

혼합 무기물의 제작 방법은 먼저 토대가 되는 무기물을 설정한 후 잘게 부수어 분말(powder)로 만든다. 토대가 되는 무기물에 섞을 다른 소량의 무기물을 분말로 만들어 각각 MP8-2 전자저울로 무게를 잰 다음 일정한 비율로 혼합(composition)하였다. 혼합된 무기물을 lever-press를 이용하여 pellet 형태의 구조물을 제작하였다. 제작 과정 및 제작된 혼합 무기물을 그림 1에 나타내었다.

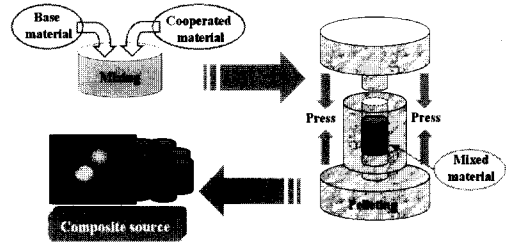


그림 1. 토대가 되는 무기물과 다른 무기물을 소량 첨가한 무기물 제작 과정.

Fig. 1. Composite materials were fabricated by mixing the base inorganic material with cooperated inorganic material .

2.2 전자선 증착기를 이용한 무기 박막 증착 방법

본 실험에서 이용된 무기 박막 및 무기 복합 박막 증착 장치는 전자선 증착기(electron beam evaporator)를 이용하였으며, 박막은 일반적으로 진공 상태($>10^5$ Torr)에서 플라스틱 필름을 기판으로 사용하였으며, 무기 박막 및 무기 복합 박막을 얻기 위한 보트(boat)는 그라파이트(graphite) 재질의 도가니(crucible)를 사용하였다. 또한 시료의 홀더에 히터(heater)와 water cooling 장치를 장착함으로써 기판의 정확한 온도를 제어하였고, 기판의 온도와 도가니 온도의 수치는 chromel-alumel thermocouple에 의하여 나타내었으며, 증착률은 FTM5-oscillator를 이용하여 표시하였다. 또한 pre-evaporating을 통한 정확한 증착물의 제어를 위하여 도가니에서 5cm 위에 source shutter를 이용함으로써 원하는 증착물의 제어 또한 가능하게 하였다. 증착 전의 진공은 확산 펌프(diffusion pump)를 이용하여 1×10^5 Torr 이하로 유지하고, 증착시 압력은 1×10^5 Torr에서 5×10^5 Torr사이로 유지하였다. 증착 후 갑작스러운 냉각에 의한 박막의 스트레스(stress) 증가를 방지하기 위하여 60분간 고 진공($>10^5$ Torr)을 그대로 유지하면서 서서히 온도를 냉각시켰다.

2.3 WVTR 측정 장치 및 방법

WVTR은 water vapor transmission rate의 약자로 박막에 수분이 얼마나 투과될 수 있는지 알아보는 것으로 본 연구에서 사용된 장비는 Permatran W3/31으로써 MOCON Corporation에서 제작되었으며 일반적으로 가장 많이 사용되는 방법이다. Permatran W3/31은 두 개의 챔버로 구성되

었으며, 유기물 및 무기물을 측정할 수 있다. 한 번 로딩(loading)에 서로 다른 두 가지의 시료를 측정할 수 있도록 되어 있다. 측정되는 시료의 총 두께는 2mm가 넘으면 안되며, 높은 투습 특성을 보이는 시료인 경우에는 기판 크기는 100mm × 100mm 정도가 되어야 하고, 낮은 투습 특성을 보이는 시료인 경우에는 기판 크기는 50mm × 50mm 정도면 가능하다. 박막의 두께, 박막의 표면 조직, 투습 rate, equilibrium time 등에 따라 박막의 투습 특성이 다르게 측정되며 온도는 10℃ ~ 40℃, 상대 습도(RH)는 35% ~ 100%까지 조절할 수 있다. 보호층으로 적용된 박막을 투과하여 유기 EL의 내부로 침투하는 수분은 계속하여 일정한 속도로 침투하게 되므로 침투하는 총량을 파악할 필요가 있다. 수분의 투과율은 일반적으로 다음의 식을 따른다.

$$P=S \times D$$

여기서, P 는 투과율(Permeability), S 는 용해도(Solubility), D 는 확산속도(Diffusivity)를 나타낸다. 따라서, 수분의 총 투과량은 다음과 같다.

$$TR = \frac{S \times D (p_1 \times p_2)}{h}$$

여기서, TR 은 수분의 총 투과량, p_1 과 p_2 는 박막의 두께 h 사이의 양쪽면 사이 압력, h 는 박막의 두께를 나타낸다. 이와 같은 식을 통하여 박막의 WVTR 측정값을 알 수 있다.

본 실험에서는 측정되는 동안 박막 표면을 통하여 흡착(adsorption) 과정, 확산(diffusion) 과정, 흡수(desorption) 과정을 거쳐 수분이 진행되는 동안 질소(N₂)에 의하여 탐지되었으며, 투습을 측정은 안정한 상태를 유지시킨 후 2시간 이후부터 측정 수치를 기록하였다. 측정 조건은 대기압 상태에서 온도는 37.8℃, 상대습도는 100%, 질소는 9.8 sccm을 유지하였고, 측정된 단위는 g/m²-day를 사용하였다. 두께가 200μm이며 코팅(coating)이 전혀 되어 있지 않은 PC(polycarbonate) 필름은 120℃까지 견딜 수 있으며 투습을 값이 34 g/m²-day 측정되었다. PES(polyethersulfone) 필름은 200℃까지 견딜 수 있으며 투습을 값은 78g/m²-day 정도로 측정되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 무기 박막의 WVTR 특성

먼저 기존 무기 박막의 WVTR 특성을 통하여 유기 EL의 보호층으로 적용할 수 있는지 알아보고자 투습을 측정을 하였다. 표 1은 무기 박막의 증착 조건을 나타낸 것으로 CeO₂, SiO₂, MgF₂는 증착되는 동안 녹는 온도가 낮아 두껍게 증착시킬 수 있었지만, Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, Ta₂O₅는 증착시 복사열에 의한 증착 온도가 매우 높아 기준점으로 정의한 온도까지 증가하는 동안 증착된 박막의 두께가 매우 얇았다. 따라서, Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, Ta₂O₅는 온도에 대한 영향이 매우 크기 때문에 전자선 증착기를 이용한 유기 EL의 보호층으로 적용할 수 없다고 생각되었다. 그림 2는 PC 필름위에 증착한 박막의 투습을 그래프이며, 그림 3은 PES 필름위에 증착한 박막의 투습을 그래프를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 각각 박막의 WVTR을 비교한 결과 유기 EL의 보호층으로 사용하기에는 투습율이 높게 측정되어 적합하지 않음을 알 수 있다. 이렇게 투습 특성이 큰 이유로는, 기체투과방지 박막이 올라간 기판의 경우에는 기재 기판에 상관없이 측정된 값이 낮아야 하지만, 결과에 의하면 차이가 나타났다. 같은 조건에서 증착했을 시 기재 기판과 무기 박막의 접착력 문제, 표면 거칠기(surface roughness) 문제, 표면의 이물질 문제, 코팅 후의 표면 결점(주로 pinhole) 문제 등 때문에 값이 높게 측정된 것으로 생각되었다.

표 1. 무기 박막에 대한 증착 조건.

Table 1. Deposition condition for the compound inorganic thin film.

Compound Inorganic Materials	Substrate	Deposition Temperature (°C)	Deposition Pressure (Torr)	Thickness (nm)
CeO ₂	PC	80	1.2 × 10 ⁻⁴	340
	PES	90	1.0 × 10 ⁻⁴	500
MgF ₂	PC	27	2.2 × 10 ⁻⁵	150
	PES	27	2.3 × 10 ⁻⁵	500
MgO	PC	60	4.6 × 10 ⁻⁵	1000
	PES	60	4.6 × 10 ⁻⁵	1000
SiO ₂	PC	80	4.0 × 10 ⁻⁵	1000
	PES	63	2.4 × 10 ⁻⁵	650
Al ₂ O ₃	PC	80	1.5 × 10 ⁻⁴	10
	PES	100	2.0 × 10 ⁻⁴	110
TiO ₂	PC	80	1.9 × 10 ⁻⁴	10
	PES	100	1.3 × 10 ⁻⁴	80
ZrO ₂	PC	80	1.7 × 10 ⁻⁴	10.
	PES	100	2.0 × 10 ⁻⁴	60
Ta ₂ O ₅	PC	80	1.5 × 10 ⁻⁴	50
	PES	100	1.8 × 10 ⁻⁴	90

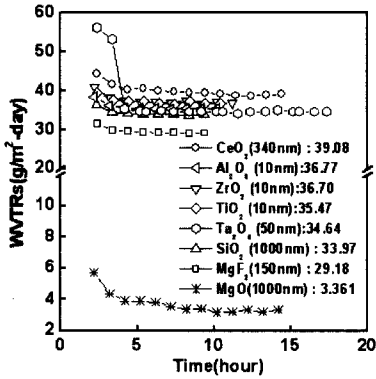


그림 2. PC 필름에 증착된 무기 박막의 투습을 그래프.

Fig. 2. WVTR graph of the compound inorganic thin film were deposited onto the PC film.

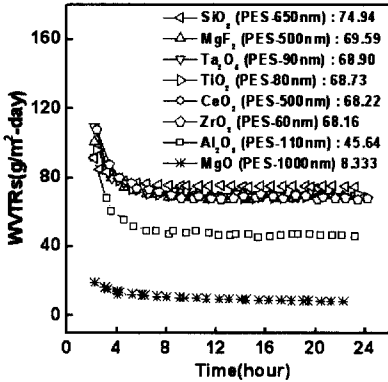


그림 3. PES 필름에 증착된 무기 박막의 투습을 그래프.

Fig. 3. WVTR graph of the compound inorganic thin film were deposited onto the PES film.

3.2 MS-무기 복합 박막의 WVTR 측정

3-1 절에서 언급한 문제들을 제거하고 WVTR 특성을 향상시키기 위하여 PC 기판 및 PES 기판에 MgO와 SiO₂를 1 : 1, 2 : 1, 3 : 1의 비율로 혼합된 무기물(MS-11, MS-21, MS-31)을 증착하여 무기 복합 박막을 제작하였다. 표 2와 그림 4는 MgO와 SiO₂를 일정 비율로 혼합한 무기 복합 박막의 증착 조건 및 WVTR 특성 그래프를 나타낸

것이다. 기존 무기 박막의 WVTR과 비교했을 때, 증착 온도, 박막의 두께, 혼합된 비율에 따라 WVTR 특성을 아주 획기적으로 향상됨을 알 수 있었다. 유기층에 사용되는 유기 박막의 Tg는 70℃~120℃ 정도로, 유기 박막의 손상을 방지하기 위하여 낮은 증착 온도가 필요하게 된다. 표 2에서 볼 수 있듯이, 증착되는 동안 온도는 80℃ 이하이기 때문에 충분히 유기 박막의 손상을 줄일 수 있을 것으로 생각되었다. 또한, 무기 복합 박막이 PC 필름에 증착된 경우와 PES 필름에 증착된 경우의 WVTR 특성이 차이가 나며, PC 필름에 증착된 무기 복합 박막이 PES 필름에 증착된 무기 복합 박막보다 더 낮은 WVTR 특성을 보였다. 이는 코팅을 전혀 하지 않은 상태에서 PC 필름이 더 낮은 WVTR 특성을 보이기 때문으로 PC 필름에 증착된 무기 복합 박막의 WVTR 특성이 더 낮은 값을 보인 것으로 생각되었다. MgO와 SiO₂를 혼합한 무기 복합 박막 중 가장 좋은 결과를 보여준 MS-21(PC)과 MS-31(PC)의 WVTR 특성은 각각 0.4369 g/m²-day, 0.2936 g/m²-day 으로 측정되었다. 특히, 전자선 증착기를 이용한 박막 공정에서 쉽게 나타날 수 있는 pinhole의 발생을 최소화 할 수 있는 방법이 적용되어야 하는 것이 우선적이라 할 수 있다. 일반적으로 무기 박막의 경우 ion이 결합되거나 박막 구성에 참여하는 경우에 그 박막의 밀도를 높일 수 있다. 그러나, 이러한 ion-assisted 구조를 형성하기 위해서는 매우 높은 에너지가 박막에 가해져야 하는 것이 일반적이라 할 수 있다. 따라서, 전자선 증착기를 이용할 수 있으며, 저온 공정으로 무기 박막의 밀도를 높이는 방법인 무기물을 혼합한 것으로 고려하였다.

표 2. MS-무기 복합 박막에 대한 증착 조건.

Table 2. Deposition condition for the MS-inorganic thin composite film.

Composite Materials	TCFs (Substrate)	Deposition Temperature (°C)	Deposition Pressure (Torr)	Thickness (nm)
MgO : SiO ₂	MS-11 (PC)	75	5.0 × 10 ⁻⁴	300
	MS-11 (PES)	75	5.0 × 10 ⁻⁴	300
	MS-21 (PC)	70	4.5 × 10 ⁻⁴	300
	MS-21 (PES)	75	4.0 × 10 ⁻⁴	250
	MS-31 (PC)	68	3.0 × 10 ⁻⁴	250
	MS-31 (PES)	66	3.0 × 10 ⁻⁴	300

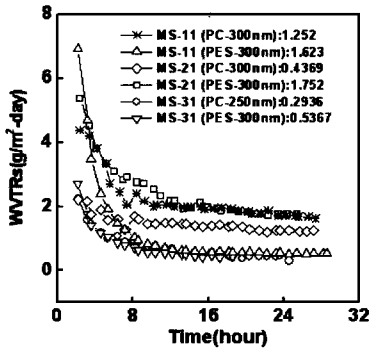


그림 4. MS-무기 복합 박막에 대한 투습을 그래프.
Fig. 4. WVTR graph for the MS-inorganic thin composite film.

3.3 MS-무기 복합 박막의 XRD 분석

PES 기판에 MgO, MS-무기물을 전자선 증착기로 두께 5000 Å 까지 증착한 후 X-선 회절기(X-ray diffractometer : XRD)를 이용하여 박막의 결정 방향 및 결정 구조를 확인하였다. MgO 박막인 경우에는 cubic 구조의 단결정상(single crystal phase)이 관찰되었다. 원래 주 peak는 (200)면이지만, 그림 5를 보면 결정 방향이 (220)면으로 나타났고, Scherrer 방정식[13]을 통하여 MgO 박막의 결정 크기가 26nm라는 것을 구할 수 있었다. 하지만, MS-무기 복합 박막인 경우에는 비정질 형태 이어서 결정 방향 및 결정 구조를 유추할 수 없었다. 따라서, 단일 무기 재료에 소량의 무기물을 넣어 혼합한 증착 방법으로 무기 복합 박막을 형성하여 유리처럼 비정질 형태로 되어 있어 박막의 밀도를 증가시켜 WVTR 특성이 향상된 것으로 생각되었다.

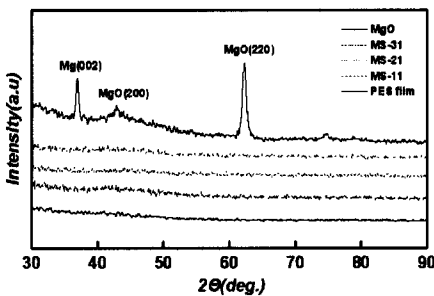


그림 5. MgO 박막 및 MS-무기 복합 박막의 XRD 그래프.
Fig. 5. XRD graph for the MgO thin film and MS-inorganic composite thin film.

3.4 MS-무기 복합 박막의 EPMA 분석

전자 탐침 미량분석법(Electron Probe Micro-Analysis)은 가속된 전자빔을 입사시켜 발생하는 X-선으로부터 시료가 어떤 원소로 구성되어 있는지, 상대적인 세기(intensity)를 비교함으로써 얼마나 존재하는지를 분석하는 것으로 혼합 무기물의 구성 성분 및 양을 분석하였다. MS-혼합 무기물을 PES 기판에 1.3µm의 두께로 증착하였다. 이유는 가속된 전자빔이 박막 속으로 깊숙이 들어가야 검출되는 원소의 구성 성분과 양에 대한 측정 오차를 줄일 수 있기 때문이다. 박막의 위치를 달리 하여 각각 두 번씩 원소의 무게에 대한 함유량(wt%)과 원소의 원자에 대한 함유량(Atom%)을 측정하였다. MS-무기 복합 박막의 구성 원소로는 MgO와 SiO₂로 MS-11의 함유량(wt%)은 약 66.15% : 33.85% 정도이었으며, MS-21의 함유량은 약 46.79% : 53.21% 정도이었으며, MS-31의 함유량은 약 37.54% : 62.46% 정도로 구성되었다. 혼합된 비율에 따라 MgO와 SiO₂의 함유량이 다르게 측정되었다. 그림 6에 MgO와 SiO₂의 성분비에 따른 그래프로 나타내었다.

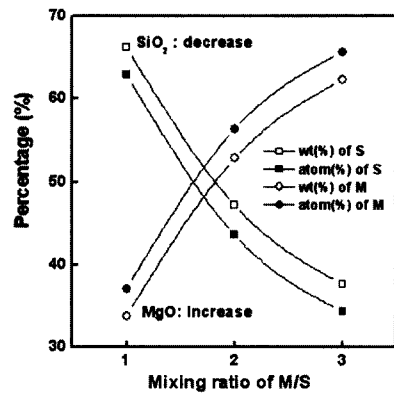


그림 6. MgO와 SiO₂의 혼합비율에 따른 함유량에 대한 EPMA 그래프.
Fig. 6. EPMA graph of the component amount, according to the mixing ratio of the MgO and SiO₂.

3.5 여러 가지 무기 복합 박막의 WVTR 측정

MS-무기 복합 박막처럼 비정질 형태의 박막으로 되어 있고, 서로 다른 원소들로 구성되어 있는 결과를 바탕으로 다른 무기물들을 혼합한 무기 복합 박막을 제작한 후 WVTR을 측정하였다. 표 3

은 여러 가지 무기물을 일정 비율로 혼합한 무기 복합 박막의 증착 조건 및 WVTR 특성을 나타낸 것이다. 기존 무기 박막의 WVTR과 비교했을 때, MgO와 SiO₂를 일정 비율로 혼합한 MS-무기 복합 박막과 마찬가지로 낮은 수치를 보인 것을 확인할 수 있었다. MgO와 Na_yO_x, SiO₂와 Na_yO_x를 혼합한 무기 복합 박막은 박막의 두께와 혼합 비율에 따라 WVTR 특성이 향상된 것을 알 수 있었다. Al₂O₃는 증착 온도가 상대적으로 높아 두께를 증가시키는데 문제점이 있었고 투습율도 높게 측정되었다. 그러나, 표 3에서 볼 수 있듯이 Al₂O₃를 첨가한 무기 복합 박막인 경우에도 증착할 때 온도가 다른 무기 복합 박막보다 높았지만, 낮은 WVTR 특성을 보였다. 세 가지 무기물을 혼합한 MSA-1552(PC)와 MSA-1552(PES)의 투습을 값은 각각 0.3878 g/m²-day, 0.5912 g/m²-day 으로 측정되었다. 따라서, 기존 무기 박막과 무기 복합 박막을 비교하였을 때, 상당히 낮은 WVTR 특성이 보임을 확인하였으며 유기 EL을 위한 보호층으로 적용할 가능성이 높다고 생각되었다.

표 3. 여러 가지 무기 복합 박막에 대한 증착 조건 및 투습율 결과 값.

Table 3. Deposition condition and WVTR results for the various kinds of the inorganic thin composite film.

Composite Materials	TCFs (Substrate)	Deposition Temperature (°C)	Deposition Pressure (Torr)	Thickness (nm)	WVTR (g/m ² day)
MgO : Na _y O _x	MC#-21 (PES)	60	2.8 × 10 ⁻⁶	588	16.22
	MC#-31 (PES)	60	3.0 × 10 ⁻⁶	600	8.407
SiO ₂ : Na _y O _x	SC#-11 (PES)	39	7.5 × 10 ⁻⁶	100	68.34
	SC#-21 (PES)	42	8.0 × 10 ⁻⁶	100	10.25
	SC#-31 (PES)	45	4.0 × 10 ⁻⁶	200	6.211
SiO ₂ : CaO	SC-#5 (PES)	53	4.2 × 10 ⁻⁶	150	3.591
	SC-21 (PES)	63	2.7 × 10 ⁻⁶	1000	0.8206
	SC-31 (PES)	63	2.7 × 10 ⁻⁶	1000	1.823
MgO : Al ₂ O ₃	MA-31 (PC)	80	4.0 × 10 ⁻⁶	180	3.990
	MA-31 (PES)	92	7.0 × 10 ⁻⁶	300	1.972
	MA-41 (PES)	96	4.0 × 10 ⁻⁶	180	1.465
	MA-41 (PES)	94	4.0 × 10 ⁻⁶	350	0.4915
MgO : SiO ₂ : Al ₂ O ₃	MSA-1552 (PC)	90	1.0 × 10 ⁻⁴	200	0.3878
	MSA-1552 (PES)	90	1.0 × 10 ⁻⁴	500	0.5912
SiO ₂ : Al ₂ O ₃	SA-41 (PES)	74	4.0 × 10 ⁻⁶	300	0.850
SiO ₂ : MgO	SM-21 (PES)	62	3.0 × 10 ⁻⁶	250	3.263

4. 결론

본 실험에서 진행된 것과 같이 전자선 증착기를 이용하여 증착한 일반적으로 사용된 무기 박막을 보호층으로 사용하는 경우, WVTR 특성에 크게 기여하지 못하는 것으로 판단되었다. 따라서, 무기 박막의 투습 특성을 향상시키기 위하여 다른 무기물을 소량 첨가하여 혼합한 무기 복합 박막을 제작하였다. 무기 박막과 무기 복합 박막의 투습율을 비교한 결과, 무기 복합 박막이 상당히 향상된 수치가 측정됨을 확인할 수 있었다. 또한, 혼합된 비율에 따라 박막의 밀도를 높일 수 있음을 분석을 통하여 알 수 있었다. 무기 박막과 함께 무기 복합 박막을 이용한다면, 수분 및 산소의 침투를 방지할 수 있는 유기 EL의 무기 박막형 보호층으로 적용할 수 있을 것으로 예상된다. 무기물의 종류에 따라 증착 두께 및 혼합 비율을 조절하여 투습 특성을 향상시킬 수 있으며, 더욱 낮은 투습율을 얻을 수 있을 것으로 생각되어진다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Appl. Phys. Lett., Vol. 51, p. 913, 1987.
- [2] 박준형, "유기 EL 디스플레이의 개요 재료 및 연구 동향", 전기전자재료학회논문지, 15권, 12호, p. 3, 2002.
- [3] 박종은, 박수길, "유기박막의 EL Devices", 전기전자재료학회논문지, 12권, 6호, p. 11, 1999.
- [4] 하창식, 임현택, 정혜인, 조원재, "유기 전기발광 소자의 구조 및 특성", 전기전자재료학회 논문지, 12권, 6호, p. 18, 1999.
- [5] Kimberly Allen, "OLED Encapsulation", Information Display, No. 7, p. 26, 2002.
- [6] Hirofumi Kubota, Satoshi Miyaguchi, Shinichi Ishizuka, Takeo Wakimoto, Jun Funaki, Yoshinori Fukuda, Teruichi Watanabe, Hideo Ochi, Tsuyoshi Sakamoto, Takako Miyake, Masami Tsuchida, Isamu Ohshita, and Teruo Tohma, "Organic LED full color passive-matrix display", Journal of Luminescence, Vol. 87, p. 56, 2000.
- [7] K. Yamashita, T. Mori, and T. Mizutani,

Journal of Physics D: Appl. Phys., Vol. 34,
p. 740. 2001

- [8] R. S. Kumar, Mark Auch, Eric Ou, Guenther Ewald, and Chua Soo Jin, "Low moisture permeation measurement through polymer substrates for organic light emitting devices", *Thin Solid Films*, Vol. 417, p. 120, 2002.
- [9] Zhongbin Zhang, Ian J. Britt, and Marvin A. Tung, "Permeation of Oxygen and Water Vapor through EVOH films as Influenced by Relative Humidity", *Journal of applied Polymer Science*, Vol. 82, p. 1866, 2001.
- [10] B. M. Henry, F.-Y. Zhao, C. R. M. Grovenor, O. V. Kolosov, G. A. D. Briggs, A. P. Roberts, R. S. Kumar, and R. P. Howson, "A microstructural study of transparent metal oxide gas barrier films", *Thin Solid Films*, Vol. 355-356, p. 500, 1999.
- [11] Satoru Iwamori, Tumi gotoh, and Krzysztof Moorthi, "Silicon oxide gas barrier films deposited by reactive sputtering", *Surface and Coating Technology*, Vol. 166, p. 24, 2003.
- [12] A. G. Erlat, B. M. Henry, J. J. Ingram, D. B. Mountain, A. McGuigan, R. P. Howson, C. R. M. Grovenor, G. A. D. Briggs, and Y. Tsukahara, "Characterisation of aluminium oxynitride gas barrier films", *Thin Solid Films*, Vol. 388, p. 78, 2001.
- [13] Alfred T DAgostmo, "Determination of thin metal film thickness by x-ray diffractometry using the Scherrer equation, atomic absorption analysis and transmission/reflection visible spectroscopy", *Analytica Chimica Acta.*, Vol. 262, Issue 2, p. 269, 1992.