

특집 : OLED용 새도마스크(shadow mask)의 세정 분석

## OLED공정에서 사용되는 새도마스크의 습식 세정 후 세정표면 및 세정용액 분석에 관한 연구

최은화 · 표성규<sup>†</sup>

중앙대학교 융합공학과 나노공학

### Analysis of Post Cleaning Solution After Wet Cleaning of Shadow Mask Used in OLED Process

Yinhua Cui and Sung Gyu Pyo<sup>†</sup>

Department of Nanomaterials Science & Engineering, School of Integrative Engineering, Chung-Ang University,  
Heuksukro 84, Dongjakgu, Seoul 06911, Korea

(Received December 9, 2016: Corrected December 12, 2016: Accepted December 14, 2016)

**Abstract:** The post cleaning method for clean the shadow mask using in OLED (organic light emitting diode) emitter layer is always reforming. The cleaning solution and analysis method of shadow mask is still lack and not optimized. We use the simple and useful analytical method to determine the quantity and quality of organic and inorganic residue on surface of shadow mask. Finally analyze the cleaning solution using Raman spectroscopy efficiently.

**Keywords:** shadow mask, OLED, organic and inorganic residue, cleaning solution, Raman spectroscopy

## 1. 서 론

자체발광소자인 OLED(Organic Light Emitting Diode)는 빠른 응답 속도, 저 전력 소모, 넓은 시야각 등 장점으로 인하여 많은 관심을 얻고 있으며, 수요가 급격하게 증가하고 있다.<sup>1)</sup>

대면적 OLED를 제조를 위한 OLED 재료를 분사하여 증착하는 방식은 상향, 하향, 수직 세가지 방식 있다. 이 세가지 방식은 모두 새도마스크를 이용한 OLED 패턴이 이미 양산에 적용되고 있다.<sup>2)</sup> 새도우마스크를 이용한 패턴 방식이란 FMM(fine metal mask)방식<sup>3)</sup>이라고 부르는데 이는 박막형태의 금속 마스크를 기판에 밀착시킨 후 원하는 위치에만 OLED 재료<sup>4)</sup>를 증착하여 화소를 형성시키는 방법이다. 이 방식은 유기박막 적층에 용이하고 소자는 특성이 우수하다는 장점을 갖고 있다.<sup>5)</sup> RGB(red, green, blue)를 구성하기 위해서는 여러 번의 유기물 증착 과정을 거치는데 대면적화를 위해서는 큰 새도마스크를 사용하게 된다. 새도마스크는 OLED의 컬러를 구현하기 위한 중요한 소모성 부품으로서 보통 금속막을 많이 사용하고 있으며 많은 흠이 뚫려있다. 현재 OLED용 마스

크에는 자성이 있고, 열 변형이 가장 적은 invar 36(열팽창계수 0.9~1.2)을 보편적으로 사용하고 기판인 경우 강도가 좋은 SUS(stainless steel) 재질(melting point 1400°C 이상)을 많이 사용한다. 마스크를 제작하기 위하여 Invar를 SUS위에 원하는 패턴에 따라 용접을 해야 하는데 이때 마스크의 변형을 초래하고 invar와 SUS 사이에 갈라진 틈이 발생하게 된다.

OLED증착시 사용되는 발광물질로는 DCJTB(4-(dicyanomethylene)-2-t-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4H-pyran),<sup>6)</sup> Alq<sub>3</sub>,<sup>7)</sup> DSB(1,4-distyrylbenzene) derivatives<sup>8)</sup> 등 유기물질들이며 전극 쪽에 사용되는 Al, Ag<sup>9)</sup> 등의 금속 무기물질들이 존재한다. 발생된 틈은 OLED 재료를 증착을 통해 이미터(emitter)을 형성 시 이물질들이 끼게 된다.

반면, 대면적의 새도마스크는 제작하기가 어려울뿐더러 매우 고가이기 때문에 일반적으로 세정<sup>10)</sup> 후 재사용한다. 이때, Inver 와 SUS 용접부의 틈 사이에 낀 이물질들은 마스크세정 시 세정이 잘 되지 않을뿐더러 잔여물로 남아있게 되며 이는 다음 공정의 신뢰성 저하에 원인이 된다. 결과적으로, 새도마스크의 세정은 OLED 증착

<sup>†</sup>Corresponding author  
E-mail: [sgpyo@cau.ac.kr](mailto:sgpyo@cau.ac.kr)

© 2016, The Korean Microelectronics and Packaging Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

공정의 신뢰성 향상을 위해 중요한 문제이다. 현재까지 많은 세정제로 새도마스크를 세정하고 있지만 잔여물이 남아있으며 그 잔여물 제거도 하나의 과제로 남아있다. 새도마스크에 손상을 주지 않으며 높은 세정력을 갖는 세정제 개발을 위해 지속적으로 연구되고 있으며, 세정 후 새도마스크에 잔존물을 평가하는 평가방법 또한 개발되고 있다.

본 연구에서 피세정 물질로 OLED 증착 물질 중 대표적인 유기물 Alq<sub>3</sub>와 금속무기물로는 Al으로 선정하였고, 세정제로는 NMP(N-methyl-2-pyrrolidone), TFD4을 선정하여 NMP와 TFD4의 세정능력을 SEM, 형광현미경, 라만분광기를 통하여 분석 평가하고자 하였다.

### 2. 실험방법

현재 OLED용 대면적 새도마스크와 최대한 유사하게 테스트용 새도마스크를 제작하였다. 본 연구에서 사용한 소재는 기관으로는 SUS 420계열을 사용하고 패턴을 형성하기 위하여 Invar36을 기관 위에 레이저 용접하였다. 잔여물분석을 위하여 마스크 일부분을 와이어 절단 하였다. 그 사이즈는 1 cm × 1 cm × 2 mm이며 invar 필름의 두께는 80 μm이다. 그러므로 우선적으로 새도마스크의 표면 즉 invar, SUS의 용접부의 틈과 결합을 확인하기 위하여 FE-SEM표면분석을 하였다.

다음으로, Invar 36, SUS420로 구성된 제작된 새도마스크표면에 Alq<sub>3</sub>를 스프인코팅방식으로 증착시킨 후 NMP로 각각 4분 간격씩 50분 동안 저어주면서 담금 방법으로 세정을 진행하였다. 세정 후 표면을 SEM-EDX분석과 형광현미경분석을 하였다.

TFD4 용액은 유기물, 무기물 세정이 모두 가능하며 그 세정능력을 평가하기 위하여 Alq<sub>3</sub>와 Al을 서로 다른 농도로 용해시킨 후 Raman spectroscopy분석을 진행하였다. 이번 연구에서 사용된 Raman장비는 confocal Raman(Xper Ram 200)이고 광원은 DPSS레이저(wavelength 532 nm)이며 파워는 100 mW이다. 시료 한 개 당 10번을 스캔하여 평균 스펙트럼을 얻었다.

### 3. 결 과

Fig. 1(a)는 실제 OLED RGB공정에서 사용되는 Invar/SUS 새도마스크용 용접한 부위를 FE-SEM으로 확인한 결과 표면에 결합이 발생되어 결합 부위에 잔여물질이 남아있다(Fig. 1(b)). Fig. 1(c)는 RGB패턴 후 용접한 부위의 단면적으로 용접 부위를 기점으로 하여 양쪽으로 invar와 SUS가 벌어져 있는 것을 확인 할 수 있다. invar와 SUS 사이 간격은 5.7~20.57~151 μm이며 이 사이에도 세정 잔여물질이 끼여 있다.

잔여물 제거를 위해 NMP로 세정을 진행하였으면 그 세정결과를 Fig. 2에서 보여주었다. 유기물질인 Alq<sub>3</sub>는 NMP에 잘 용해되며 그 세정효과는 담금 방식으로 1시간 동안 세정 하였을 때 모두 제거 됨을 확인 할 수 있었다.

TFD4는 유기물과 무기물을 동시에 세정 할 수 있다고 알려져 있으며, Fig. 3과 Fig. 4는 TFD4의 세정능력 평가를 위해 라만분광기 분석 결과이다. Fig. 3에서는 서로 다른 농도의 Alq<sub>3</sub>에 따른 라만분광기이며 0% 곡선은 순수한 TFD4용액 그래프이다. Fig. 3에서 보면 TFD4는 Alq<sub>3</sub>에 대한 세정능력이 약하며 용해되어 있는 Alq<sub>3</sub>의 양이 0.1% 이상일 경우 형광배경(fluorescent background)이 나

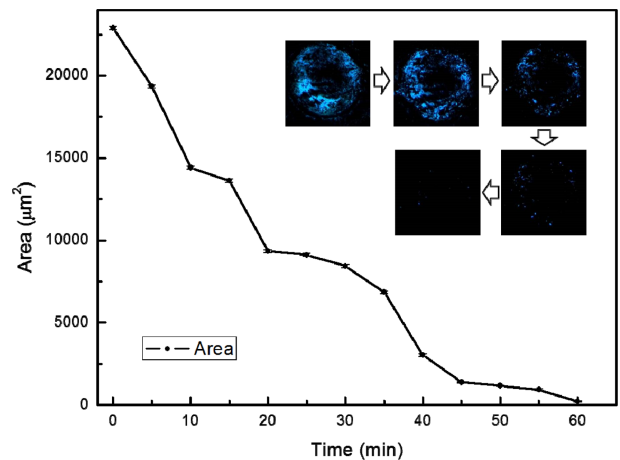


Fig. 2. Cleaning effect of Alq<sub>3</sub> residue with NMP cleaning solution (cleaning time vs cleaning area).

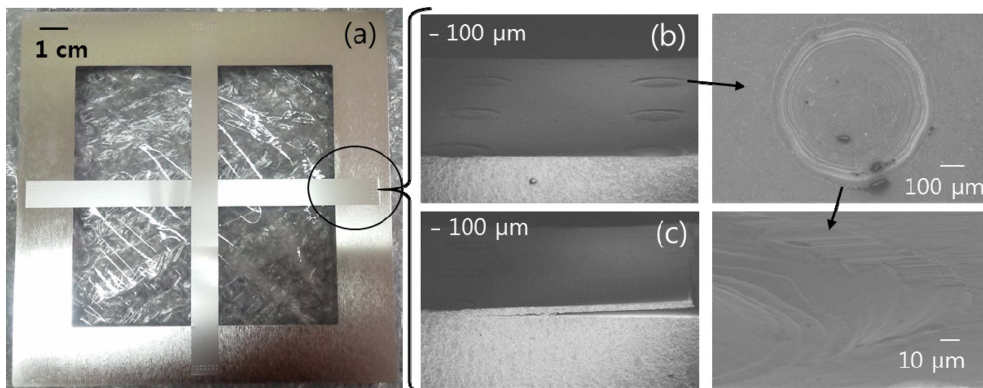


Fig. 1. Real image of shadow mask (a) and SEM image of invar/SUS after laser sawing (surface (b), cross (c)).

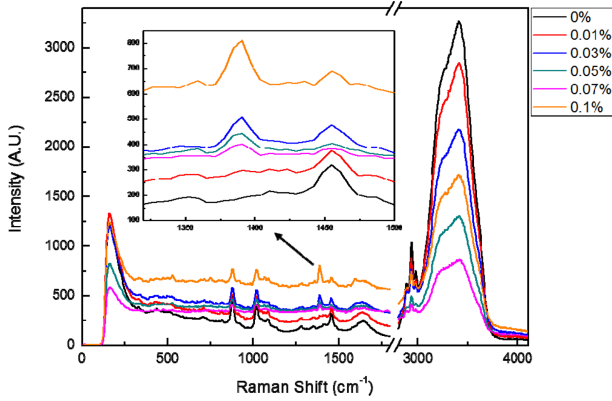


Fig. 3. Raman spectroscopy analysis of different residue (Alq<sub>3</sub>) concentrations in TFD4 cleaning solution.

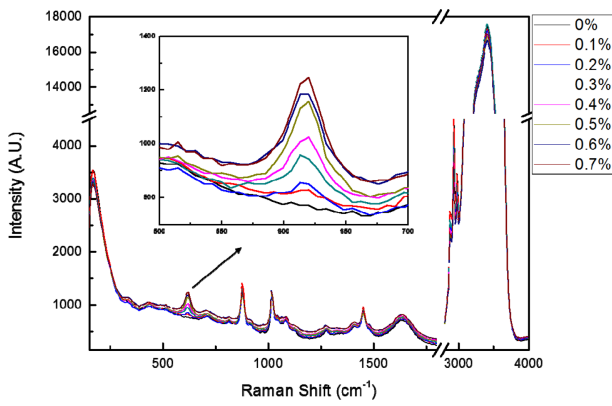


Fig. 4. Raman spectroscopy analysis of different residue (Al) concentrations in TFD4 cleaning solution.

타났으며<sup>11)</sup> 더 이상 용해하기 힘들다는 것을 알 수 있다. 또한 0.03% 농도 이상부터 1391 cm<sup>-1</sup>에서 새로운 피크 (peak)가 나타남을 확인 할 수 있다. Alq<sub>3</sub> 농도가 증가함에 따라 인텐시티(intensity)가 증가한다. 하지만 너무 미세한 농도 차이로 인하여 인텐시티의 값이 Alq<sub>3</sub>농도 값에 비례하지는 않는다.

Fig. 4는 무기잔여물인 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 대한 TFD의 세정능력을 라만분광기로 보여주었다. 용해된 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도가 증가할수록 인텐시티 값이 증가하며 618 cm<sup>-1</sup> 웨이브넘버 (wave number)에서는 0%에서 없던 피크가 0.1%되면서부터 생기기 시작하였으며 용해된 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 농도가 증가할수록 인텐시티도 증가하였다.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 세정액에 세정물이 모두 용해되어 세정물의 농도가 증가해도 형광배경이 나타나지 않았는 것과 비교하여, Alq<sub>3</sub>는 적은 양을 세정하여도 세정액에 세정물이 모두 용해되지 못하여 파티클 형태로 존재하게 된다. 이로 인하여, Alq<sub>3</sub>를 녹인 TFD4의 라만분광기 분석결과에서는 형광배경이 발생된다(Fig. 2). 이를 통해 TFD4가 Alq<sub>3</sub>보다 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 대한 세정능력이 강하다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

NMP와 TFD4 두 세정용액을 사용하여 유기물(Alq<sub>3</sub>)와 무기물(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)에 대한 세정을 진행하였다. 그 세정력을 형광현미경과 라만분광기를 이용하여 분석하였다. NMP는 유기 잔존물을 효과적으로 세정함을 확인 할 수 있었고, 유, 무기물질이 동시에 세정이 가능하다고 알려진 TFD4는 유기물과 무기물의 세정용액 속에서의 농도를 분석 비교함으로써 실제 유기물에 대한 세정보다 무기물에 대한 세정 능력이 뛰어남을 확인 할 수 있었다. 결과적으로, MMP와 TFD4를 동시에 사용하는 것이 효과적인 새도우마스크 세정이 가능 할 것으로 예상된다. 또한, 본 연구에서 사용된 라만분광기를 이용한 세정용액 잔존물 분석법은 세정용액의 수명, 재활용 성을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

#### References

1. A. P. Ghosh, A. G. Sculley, I. Wacyk, H. Kwon, J. Ho and A. Rosen, "Large area oled microdisplay and method of manufacturing same", Google Patents, (2016).
2. C. Sekine, Y. Tsubata, T. Yamada, M. Kitano and S. Doi, "Recent progress of high performance polymer OLED and OPV materials for organic printed electronics", Sci. Technol. Adv. Mater., 15, 034203 (2016).
3. S. T. Lee, B. D. Chin, M. H. Kim, T. M. Kang, M. W. Song, J. H. Lee, H. D. Kim, H. K. Chung, M. B. Wolk and E. Bellmann, "29.3: A Novel Patterning Method for Full-Color Organic Light-Emitting Devices: Laser Induced Thermal Imaging (LITI)", SID Symposium Digest of Technical Papers, 35(1), 1008 (2014).
4. J.-G. Jang and H.-W. Kim, "Fabrication and Characterization of Yellow OLED using GDI602: Rubrene (10%) Material", J. Microelectron. Packag. Soc., 13(4), 71 (2006).
5. K.-J. Choi, J.-Y. Lee, D.-K. Shin and J. Park, "Investigation on slot-die coating of hybrid material structure for OLED lightings", J. Phys. Chem. Solids, 95, 119 (2016).
6. P.-Y. Shen, S.-H. Wu, Y.-T. Huang and Y. Wei, "White electroluminescence generated by a blend of bis (di-p-tolylamino) dihydroindenoindene and DCJTB", Res. Chem. Intermed., 40(6), 2199 (2014).
7. T. Miyamae, N. Takada, T. Yoshioka, S. Miyaguchi, H. Ohata, H. Okumoto, M. Yahiro, Y. Tsutsui, C. Adachi and T. Tsutsui, "52.2 Non-Destructive Analyses of Operational Degradation of OLED Devices", SID Symposium Digest of Technical Papers, 46, 782 (2015).
8. L. Wang, K.-Q. Ye and H.-Y. Zhang, "Organic materials with hydrostatic pressure induced mechanochromic properties", Chin. Chem. Lett., 27(8), 1367 (2016).
9. C.-D. Lin, A. Chittawanij, L.-A. Hong, C.-C. Wang, S.-H. Lai, Y.-S. Tsai and F.-S. Juang, "The study of transparent organic light-emitting diodes with two side emitting", Proceedings of the 14th IFToMM World Congress, 78 (2015).
10. W. Seo, J.-H. Park, J.-Y. Lee, M.-K. Cho and G.-S. Kim, "Via

Cleaning Process for Laser TSV process”, J. Microelectron. Packag. Soc, 16(1), 45 (2009).

11. C. Conti, A. Botteon, C. Colombo, M. Realini and P. Matousek, “Fluorescence suppression using micro-scale spatially offset Raman spectroscopy”, Analyst, 141(18), 5374 (2016).



- 최은화(崔銀花)
  - 중앙대학교 융합공학과
  - OLED mask 세정, EP/ELP도금
  - e-mail: yinhua0822@gmail.com
- 



- 표성규(表成奎)
  - 중앙대학교 융합공학부
  - 3D integration, AFM/TEM, 반도체공정, Sensor, EP/ELP도금공정
  - e-mail: sgpyo@cau.ac.kr
-