

유기물 패턴성장장치의 진공내 열특성 해석

Analysis of Heat Characteristic of OLED Production Equipment in Vacuum Environment

**홍원표¹, 강은구¹, 김진석¹, 김강은², 한석윤³, 이남훈³

*#W. P. Hong(wonpyodr@kitech.re.kr)¹, E. G. Kang¹, J. S. Kim¹, K. E. Kim², S. Y. Han³, N. H. Lee³

¹한국생산기술연구원 e가공공정팀, ²한국생산기술연구원 제어인식연구팀, ³두산메카텍

Key words : High Vacuum, OLED, Thermal Characteristic, FEM

1. 서론

최근 정보화 추세에 따라 정보를 시각적으로 전달하기 위한 전자 디스플레이가 다양한 형태로 등장하고 있으며, 디스플레이 시장은 매년 높은 성장세를 이어가고 있는 중이다. 또한, 사용자의 다양한 요구 충족을 위하여 디스플레이 산업은 빠른 시장 및 기술의 변화가 이루어지고 있는 중이며, 이중 차세대 평판 디스플레이로 OLED(Organic Light Emitting Diode)가 새로이 주목받고 있는 추세이다.

OLED는 자체발광형 디스플레이 소자로서 다른 디스플레이에서 요구되는 BLU(Back Light Unit)의 필요성이 없어짐에 따라 두께가 얇은 초박형 디스플레이가 가능하며 저소비전력, 넓은 시야각, 빠른 응답 속도 등의 장점을 가지고 있다. 또한, OLED는 Roll-to-Roll 공정이 가능한 Flexible소자에 적용이 가능하여 높은 생산 수율을 보여 줄 수 있다. 그러나 유기물 자체가 대기중에 노출될 경우 쉽게 산화되어 소자에 치명적인 데미지를 줄 수 있으므로 개별적으로 진행되는 공정상에서 대기중에 노출되지 않도록 처음 로딩 공정부터 마지막 패키징 공정까지의 전 공정을 하나의 공정으로 처리할 수 있는 In-line시스템 장비의 필요성이 요구되고 있는 실정이다.

현재 4세대급의 대면적 OLED 제작시 유기소자의 화소들은 적어도 5미크론의 초정밀도로 정렬되어야 상품성을 가질 수 있다. 공정상의 기관은 SUS 상의 글라스(Glass) 기관위에 유기소자들을 정렬시키며, 유기물은 마스크(Mask)를 통하여 글라스 위에 정렬되게 된다. 이때 유기물을 증착시키기 위한 소스(Source : Thermal Evaporator)에서 발생하는 높은 온도의 복사열은 마스크와 글라스 및 SUS의 열변형을 야기하여 높은 정밀도를 요구하는 유기소자의 열라인을 어렵게 할 수 있으며, 또한 기관상의 소자들의 손상을 유발하기도 한다.

이에 본 논문은 유기물 소자의 제작 공정상 유기물을 공급하는 소스부의 온도가 300°C 이상 유지가 되며, 이러한 소스부의 온도가 기관상의 열변형이나 기관손상을 유발하는 것을 사전에 방지하기 위해 해석을 통해 예측하고, 향후 문제 발생시 이를 보완하기 위한 목적으로 수행하였다.

2. 실험방법 및 측정

본 논문에서는 고정식 열원에 대한 기관의 열전달 특성 분석을 위해 유한요소 해석에 앞서 각 포인트별 실제 온도를 측정하였다. 온도 측정 포인트는 Fig. 2와 같이 ①영역 3포인트(글라스 아래 및 위, 마스크 위), ②영역 2포인트(글라스 아래, 위), ③영역 1포인트(소스 옆 부분), ④영역 2포인트(Slit 아래, 위)로 총 8포인트에 대하여 열전대(Thermocouple)를 사용하여 온도 측정을 실시하였다. 이때 글라스의 크기는 620mm×375mm이다. Fig. 1은 유기물 공급 소스부와 글라스 및 마스크에 대한 배치도를 나타내고 있다.

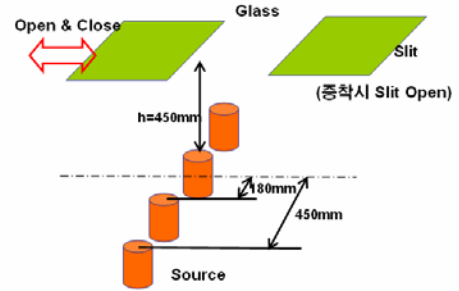


Fig. 1 Layout of OLED source part and slit door

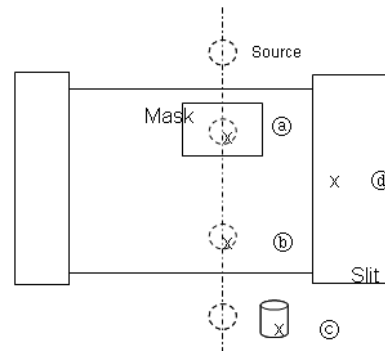


Fig. 2 Temperature measurement positions

Fig. 3은 시간에 따른 열원의 온도 변화와 각 포인트에 대한 온도 변화를 나타낸다. Slit이 열린 후 열원의 최대 온도 290°C, 글라스의 최대온도 35°C, 마스크의 최대온도 34.5°C로 실험결과 측정되었다.

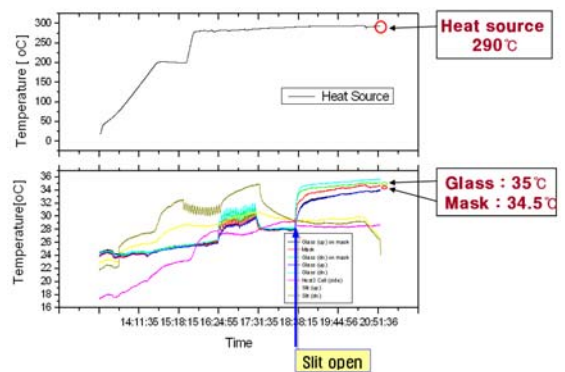


Fig. 3 Temperature measurement results at specified locations of source, glass and mask

3. 열전달 해석

본 논문에서는 기관의 열전달 해석을 위해 상용 소프트웨어인 ANSYS V10.0을 이용하여 열전달 해석을 실시하였다. 이때 3차원 해석과 2차원 해석을 동시에 실시하여 측정 결과와 비교 분석하였다.

3차원 열전달 해석을 위한 기관의 유한요소 모델링은 실제 기관과 동일한 조건을 부여하기 위해 Fig. 4와 같이 모델링하였다.

글라스 두께가 0.5mm, 마스크의 두께가 0.05mm로 얇기 때문에 해석 시간 감소를 위하여 4절점 쉘(Shell) 요소를 이용하였다. 기타 해석 조건으로 진공내의 복사 열전달을 고려한 해석을 수행하였다.

Fig. 5의 경우 Fig. 3의 소스부 온도 상승 프로파일을 반영하였고 ANSYS의 Transient 열 해석을 위한 온도 입력 값을 나타내고 있다. 최대 온도는 290°C 정도이며, 이때의 진공중 공간상 복사열에 의해 유기물 소스부의 온도를 글라스부나 마스크부에 전달하는 역할을 하고 있다. Fig. 6은 열해석을 통한 마스크부의 온도예측 결과를 나타내고 있다. Fig. 3의 결과에서 해당되는 마스크부의 온도가 34.5°C이며, 해석결과가 30.5°C로 약 4°C 정도 낮게 해석됨을 알 수 있었다.

Fig. 7은 2차원 해석 모델이다. 3차원 모델을 통한 해석 수행시 해석시간 및 형상변화의 다양함이 부족하므로, 2차원 모델을 통한 해석 결과를 3차원 결과와 비교 후 허용 가능한 오차 수준 이내의 예측이 가능할 경우 설계 단계에서 유용하게 활용하기 위함이다.

2차원 해석결과 최대 온도는 29.7°C 정도로 3차원 결과와 큰 차이가 없기 때문에 추후 이를 활용하여 다양한 설계 변수에 따른 OLED 증착장치의 설계에 효율적으로 이용하고자 한다.

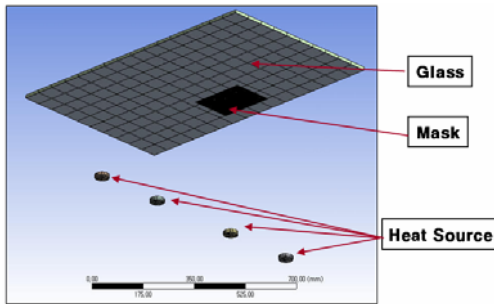


Fig. 4 3D model meshed for ANSYS 10.0

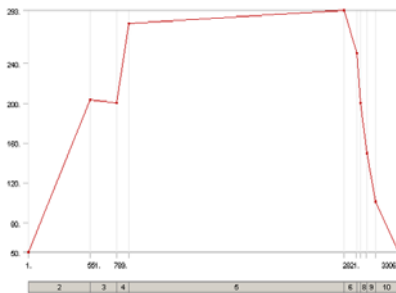


Fig. 5 Input transient temperature profile for the analysis by ANSYS 10.0

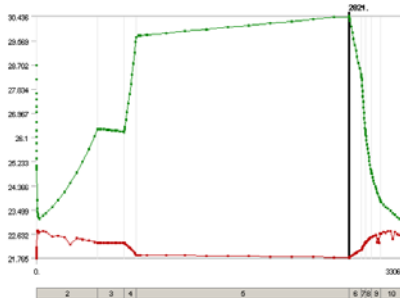


Fig. 6 Temperature analysis result by ANSYS 10.0 at mask part

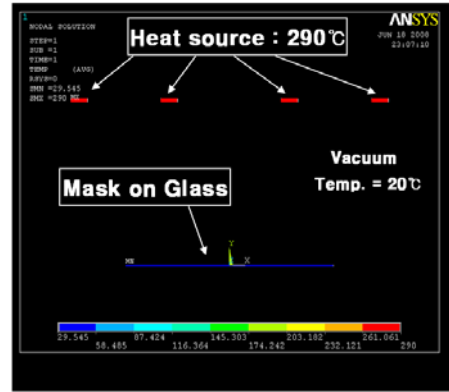


Fig. 7 2D model meshed for ANSYS 10.0

4. 결론

유기물 증착 공정 중 유기물 소스부의 진공 및 고온 상태에서 글라스 기판 및 마스크의 온도 상승을 예측하여, 이를 최소화 하는 장비 설계 수행을 목적으로 연구가 진행되었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 진공중 Slit의 개폐에 따른 글라스와 마스크의 온도 변화를 측정 한 결과 수분이내의 빠른 복사열 전달이 유기물 소스부로부터 발생함을 알 수 있었다.

둘째, 3차원 해석 모델과 FEM 해석을 통해 실제 실험결과와 비교시 대략 4°C 정도의 차이가 있음을 확인하였다.

셋째, 2차원 해석의 경우 3차원 모델 해석 결과와 비교적 유사한 결과를 얻을 수 있었으며, 해석시간 및 모델변화 효율성 측면에서 유용할 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부의 “차세대 유기반도체 생산용 초정밀 로봇시스템 기술개발” 과제 연구비를 지원받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. J. W. Choi., "Temperature Analysis for the Point-Cell Source in the Vapor Deposition Process," KSME International Journal, 18, pp.1680-1688, 2004.
2. Y. C. Joo., "Thermal Performance Analysis of Circular Source for OLED Vapor Deposition," J. of the Semiconductor & Display Equipment Technology, 6, pp.39-42, 2007.
3. Y. C. Joo, C. H. Han, T. J. Um, S. W. Lee, K. Q. Kim, K. S. Kwon, "Selection of Heater Location in Linear Source for OLED Vapor Deposition," J. of Institute of Control, Robotics and Systems 14, pp.515-518, 2008.