

차세대 유기 EL 디스플레이를 위한 기판 조작에 관한 연구

김숙한, 이동은\*(공주대학교 대학원 기계공학과),  
김준철, 이응기(공주대학교 기계자동차공학부)

Study on a large-size glass substrate handler for new generation OLED

Sook Han Kim, Dong Eun Lee, Jun Chul Kim,  
Eung-ki Lee(Div. of Mechanical Engineering, Kongju National University)

ABSTRACT

In order to raise productivity of the OLED and realization of the OLED TV, it is required to improve the design of the board size glass panel. The large-size glass substrate has some difficulties regarding its deflection during handling operation due to its small thickness (0.7t) which is not even enough to stand its mass itself. This paper is demonstrating a new solution of this difficult through clamping and bending end condition, which helps to minimize the deflection of the glass substrate.

**Key Words** : OLED (organic light-emitting device, 유기EL), bending(굽힘), clamping(고정), substrate handler(기판 조작 장치)

1. 서론

디스플레이의 최근 산업동향은 높은 해상도의 고화질과 대면적, 그리고 통신기기들의 소형화가 이루어지고 있다[1]. OLED(organic light-emitting diode)의 경우 높은 해상도를 특징으로 하며 대면적과 대량생산을 통한 가격경쟁 강화를 위한 노력이 경주되고 있다[2, 3].

평판 디스플레이 공정의 대면적화에서의 문제점 중의 하나는 기판(glass substrate)의 대형화로 인하여 상당한 처짐 현상이 발생하는 것이다[4]. 본 논문은 대면적 유기EL 증착공정에서 기판 처짐을 최소화하기 위한 방안을 제안하고, 제안된 처짐량 최소화 방안 실험을 위한 실험 장비를 설계·제작하고 처짐을 측정하여 개발된 방안의 효용성을 검증하는 내용을 연구한다.

2. 처짐 이론 해석

처짐량의 최소화 방안을 제안하기 위하여, 기판의 처짐 거동에 대한 이론적 해석을 수행하였다. 양단 고정 보(beam)는 자유단 지지의 보 보다 처짐이 줄어드는 것이 여러 문헌에서 계산 그리고 검증되어 있다[5]. 이에 기판에 양단 고정 조건을 부여하고 여기에 굽힘을 추가로 조작함으로써 자유단에서의 처짐에 비교하여 보다 적은 처짐량을 갖도록 할 수 있다(fig. 1).

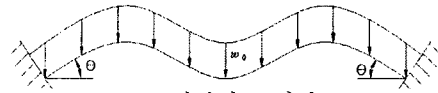


fig. 1 양단이 고정된 보

양단 고정 보에 굽힘을 주어 처짐을 나타내는 일반 공식은 식(1)과 같이 표현될 수 있다.

$$EIv(x) = -\frac{w_0 \langle x \rangle^4}{24} + C_1 \frac{x^3}{6} + C_2 \frac{x^2}{2} + C_3 x + C_4 \tag{1}$$

상수 C는 양 끝단의 굽힘 각의 절대 값이 같은 식(2), (4)의 성질과 식 (3), (5)와 같이 끝단의 처짐이 없다는 경계조건을 이용하여 구할 수 있다.

$$EIv'(0) = EI\theta_1 \tag{2}$$

$$EIv(0) = 0 \tag{3}$$

$$EIv'(L) = -w_0 \frac{L^3}{6} + C_1 \frac{L^2}{2} + C_2 L + EI\theta_1 = -EI\theta_1 \tag{4}$$

$$EIv(L) = -w_0 \frac{L^4}{24} + C_1 \frac{L^3}{6} + C_2 \frac{L^2}{2} + EI\theta_1 L = 0 \tag{5}$$

그리하여 적분상수들( $C_1, C_2$ )을 연립하여 구하면 식 (6)와 같이 나타낼 수 있다.

$$v(x) = \frac{1}{EI} \left( -w_0 \frac{x^4}{24} + \frac{w_0 L}{2} \times \frac{x^3}{6} + \left( -\frac{w_0 L^2}{12} - \frac{2EI\theta}{L} \right) \times \left( \frac{x^2}{2} \right) + EI\theta x \right) \quad (6)$$

식(6)에 기판의 물성치를 대입하면  $\theta$ 의 값에 따라 그 처짐이 변화하는 것을 알 수 있다. 그리하여  $\theta$ 값에 다양한 값을 대입해 본 결과  $\theta=3.15^\circ$  (0.055radian) 일 때 가장 작은 2.6 mm의 처짐이 발생하는 것을 알 수 있다. fig. 2는 MATLAB을 이용한 최적의 처짐을 유도해 낸 모의실험이다[6].

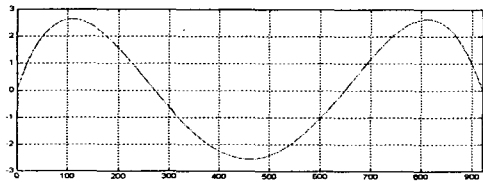


fig. 2 Bending and Clamping End의 처짐 곡선

### 3. 기판 조작 장치 설계

본 연구에서 제안하는 기판 고정 기구의 설계는 양단 고정과 굽힘 조건을 주어 얇은 기판의 처짐을 최소화 하려는 데 목적을 두고 있다(fig. 3).



fig. 3 양단 고정과 굽힘 조작 기구 설계

향후 기판 조임력(grip force) 등의 실험을 위하여 수동 조임쇠 기구를 고안하였으며, 기판의 고정 부위를 좀 더 부드럽게 움직일 수 있도록 중심축 사이에 베어링을 삽입하는 설계를 하였다(fig. 4).



fig. 4 조임쇠와 중심축 부분

기판의 굽힘 조건을 수행할 수 있도록 기구에 워밍 기어를 사용하였다. 특히 기판에 굽힘을 주는 과정에서 기판의 끝부분의 위치가 움직이지 않도록 워밍 기어의 중심을 기판의 끝 부분과 일치시켜 기구를

설계하였다(fig. 5).

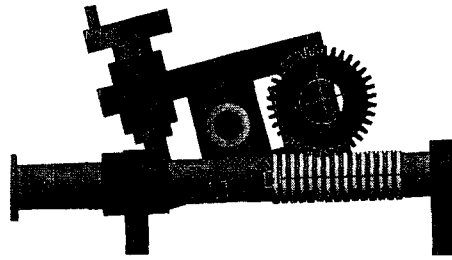


fig. 5 굽힘을 위한 워밍 기어 부분

### 4. 결론

본 연구는 OLED의 증착 공정 시 대형 기판의 처짐을 최소화하기 위해 양단 고정과 굽힘을 조합한 기구 조작 방법을 제시하였다. 이를 위해 양단 고정과 굽힘 조건에서의 처짐을 이론적으로 해석 하였으며, 그 결과 보다 작은 처짐량을 갖는 기판 조작 장치를 설계하였다. 해석 결과  $\theta=3.15^\circ$  (0.055 radian)에서 처짐량은 2.6mm로 기판 처짐이 최소화됨을 확인하였다.

해석된 이론을 검증하기 위해 3D CAD를 사용하여 기판 조작 장치(glass substrate handler)를 설계를 하였다. 설계된 기판 조작 장치는 실험용 시제품(prototype)으로서 수동으로 움직이는 기구로서 기판을 고정시키는 고정부위와 굽힘 조작을 하기 위한 워밍기어부위로 나누어 설계하였다.

### 참고문헌

1. Eungki Lee, "Shadow Modeling using Z-map for Process Simulation of OLED Evaporation", The 24th International Display Research Conference, pp.487-490, p. 68 2004 August
2. 추혜용, "Flexible OLED 기술 동향," 한국전기전자재료학회, pp.13-19, 2004
3. Eungki Lee, Seong Ho Jeong, Seok Heon Jeong, Myung Soo Huh, Sung Ho Lee, Sung-jin Chung, "Improvement of evaporating efficiency for OLED mass-fabrication", International Meeting on Information Display, pp.728-731, 2002 August
4. 이송이, "평판디스플레이의 처짐 양 측정," 학사학위논문, 2005
5. 고준빈 외 5 공역, "고체역학," pp 611-666
6. 김현정, "처짐 최소화를 위한 이론적 해석," 학사 학위논문, 2005