

# 스마트윈도우용 대면적 액정셀 제작과 특성에 대한 연구

이승우\*  
씨에스에너지(주)\*

## A Study on Fabrication and Characteristics of Large Area Liquid-Crystal Cell for Smart-Window

Seung-Woo Lee\*  
CS ENERGY Co., Ltd.\*

### ABSTRACT

Smart windows are used as windows and doors to determine cooling and heating efficiency in the construction field. It's characteristics can increase the energy saving efficiency. In addition, the function of the smart window that can control the light transmittance transmitted from the external environment of the building to the building according to the needs of the user is attracting attention.

In this study, a liquid crystal cell capable of controlling light transmittance of  $297 \times 210 \text{ mm}^2$  was fabricated by using a liquid crystal device as an optical shutter. Analysis of transmittance change according to driving voltage and driving stability according to thermal environment, We confirmed the applicability of building exterior materials as smart windows.

### 1. 서론

건축분야에 있어서 건물기능이 점차 고도·정보화 됨에 따라 전력소비가 증가하고 있다. 전력 다소비 건물은 전력의 효율적인 이용에 의한 에너지 절감은 물론, 전기 에너지의 이용합리화촉진이 요구된다. 이에 따라 건물의 창호 및 문, 벽체, 바닥, 천장 등의 개량 및 보강을 통해 건물의 에너지절감 효율을 높이거나 신재생 에너지 발전시설물을 건물에 직접 설치하는 사례가 보편화되어있다<sup>[1]</sup>.

창호는 건축물 에너지 손실량의 약 30 % 이상을 차지하는 부위이며<sup>[2]</sup>, 현대 건축물은 창호가 차지하는 면적의 비중이 지속적으로 증가하는 추세이다<sup>[3]</sup>. 이 같은 이유로 창호는 건축물 에너지효율 개선을 위한 필수요소로써, 기계적 시스템과 소재를 통한 단열구현, 에너지 하베스팅 시스템까지 다양한 분야와 연계되어 융복합적인 스마트 윈도우의 개발활동이 현재 활발히 진행중이다. 또한 창호에 광서터(Shutter)로 활용 가능한 액정 광서터기술은 전압의 인가에 따라 광투과율 조절이 가능하여 건축물 에너지절감효율의 증가를 기대할 수 있다.<sup>[4]</sup>

본 연구에서는 건축물의 냉·난방 에너지절감 효율 증대를 목적으로 액정소자(Liquid Crystal Device)를 창호의 유리부분에 적용한 스마트윈도우개발을 위해  $297 \times 210 \text{ mm}^2$ 의 규격의 액정소자 패널을 제작하고, 구동전압과 열적 안정성을 시험 평가하여 건축용 창호에 적용할 수 있는 스마트윈도우의 적용

가능성을 확인하였다.

여기서 스마트윈도우란 건물 등의 외부에서 유입되는 태양광의 투과율을 임의로 조절하여 실내의 온도상승을 억제하거나, 상승시켜 냉·난방에 사용되는 에너지 손실을 줄이고 에너지 효율을 향상시켜 사용자에게 쾌적한 환경을 제공하는 기능의 윈도우를 의미한다.

### 2. 본론

#### 2.1 액정소자 제작

본 연구에서는 액정소자용 진극기판 제작을 위해 ITO(Indium Tin Oxide) 유리기판( $297 \times 210 \times 0.7 \text{ mm}^3$ )에 폴리머를 스펀코팅법으로 코팅하였다. 배향액의 이미드화를 위해  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 30 min 동안 건조 후,  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 2 hr 이미드화 하였다.

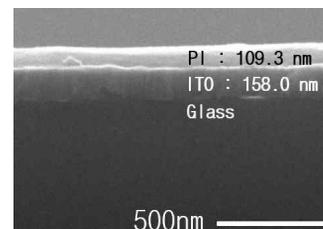


그림 1 배향액이 이미드화 된 ITO 유리기판의 단면 FE-SEM 사진

Fig. 1 A FE-SEM image of cross section of ITO glass substrate with alignment solution

이미드화 된 박막에 액정을 프리틸트(Pretilt)하기 위해 박막 표면을 리빙장비를 이용해 리빙(RS = 148 mm)하였다<sup>[5]</sup>. N은 기판의 리빙 횟수이며, M은 리빙포의 눌린 깊이, n은 리빙롤러의 회전수, v는 기판의 이동속도, r은 리빙롤러의 반경이다.

$$RS = NM(2\pi r/v - 1)$$

UV접착제를 유리기판의 가장자리에 스크린프린팅 후, 기판과 기판사이의 갭 유지를 위한 Spacer(4 μm)를 도포하였다. 동일한 방법으로 제작 된 두 기판을  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 압착하였다. 합착된 셀을 진공주입공정을 이용해 액정을 주입하였다. 이때 6 in 이하의 셀의 경우 모세관현상에 의해 액정주입이 가능하지만, 본 연구에서 제작한  $297 \times 210 \text{ mm}^2$ 크기의 셀은 그림 2에서 표시한 진공주입공정을 통해 액정주입이 가능하였다. 공정

을 이용하지 않고 액정이 주입 된 셀은 셀 갭 내부에 기포가 다수 생성되었으며, 그림 3에 표시하였다. 이 때 액정재료는 5CB(4-Cyano-4'-pentyl biphenyl)를 사용하였다. 끝으로 복굴절 구현을 위해 편광판을 셀 양쪽에 부착하여 액정소자 패널을 제작하였다.

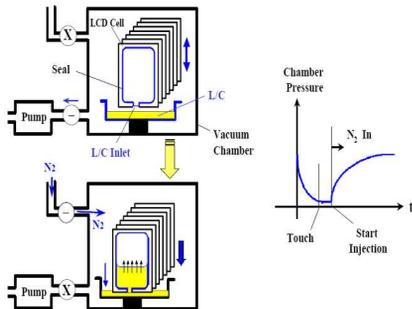


그림 2 진공주입공정을 이용한 액정주입  
Fig. 2 A Liquid Crystal Inject on Using Vacuum Injection Process

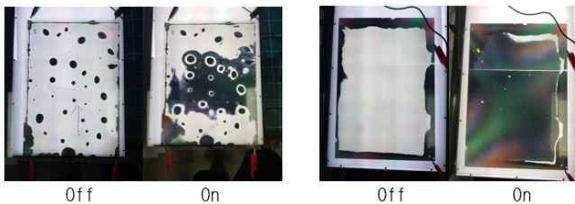


그림 3 모세관현상을 통한 액정 주입방법(左)과 진공주입공정(右)을 각각 이용한 셀 사진  
Fig. 3 LCD Image of liquid crystal injection using capillary injection method(L) and vacuum injection method(R)

## 2.2 액정소자 특성

본 연구를 통해 제작된 액정소자의 특성 평가를 위해 같은 조건에서 제작 된  $20 \times 20 \text{ mm}^2$  크기의 액정소자와 비교하였다. 구동전압은 전기광학특성장치(LCMS-200 세심광전자社)를 사용하여 DC 0 ~ 10 V의 조건으로 전원을 인가 후 투과율을 측정하였고, 열적안정성은 Convection Oven(OV-22GW)을 사용하여 온도를  $70^\circ\text{C}$ 로 설정한 후 10분간 경과 후 액정소자의 구동전압을 측정하였다. 투과도 10 %에서의 전압을 V10, 90 %일때를 V90이라 정의한다.

### 2.2.1 구동전압

$20 \times 20 \text{ mm}^2$  크기의 V10은 1.44V, V90은 2.15V로 측정되었으며,  $297 \times 210 \text{ mm}^2$  액정소자는 1.45V 2.55V로 측정되었다.

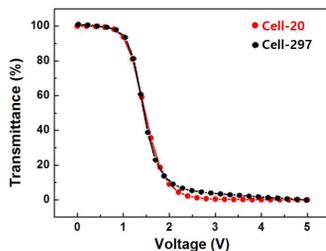


그림 4 구동전압에 따른 투과율 변화 비교  
Fig. 4 Comparison of Transmittance Variation by Driving Voltage

### 2.2.2 열안정성

$20 \times 20 \text{ mm}^2$  크기의 V10은 1.46 V, V90은 2.15 V로 측정되었으며,  $297 \times 210 \text{ mm}^2$  액정소자는 1.45 V 2.56 V로 측정되었다.

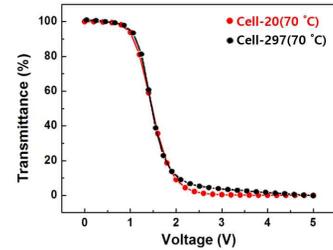


그림 5  $70^\circ\text{C}$  환경에서 구동전압에 따른 투과율 변화 비교  
Fig. 5 Comparison of Transmittance Variation by Driving Voltage At  $70^\circ\text{C}$

## 3. 결론

본 연구를 통해 대면적 액정셀 제작 시 기포발생에 대한 변수를 확인하였고 진공액정주입공정 설계에 대한 기초자료로 활용하고자한다. 또한 대면적화에 따른 구동전압유지와 열적안정성측면에서 스마트윈도우 적용 가능성을 확인하였다.

이 논문은 에너지기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## 참 고 문 헌

- [1] 김기일, "친환경 건축자재 기술과의 연계를 통한 태양광 시장에서의 새로운 기회" Korea Institute of Science and Technoloy Information Market Report, 14, 2016
- [2] H.G. Jung, "Study on the Effect Applying the Energy Variation and Temperature by Window type of Building" Journal of energy engineering Vol. 21 no.3, no.71, pp. 211 - 220, 2012.
- [3] D.W. Ha, Study on the Analysis of Energy Consumption Corresponding Window Area Ratio, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, June 25, pp. 857 - 862, 2008
- [4] J. Y. Shin, Y. T. Chae, "Performance Evaluation of Electrochromic Window System by Different Orientations and Locations in Korea", Journal of the Korean Solar Energy Society Vol. 38, No. 5, pp. 75-84, October 2018
- [5] D.S. Seo, K. K. Muroi, S. Kobayashi, "Generation of Pretilt Angles in Nematic Liquid Crystal, 5CB, Media Aligned on Polyimide Films Prepared by Spin-Coating and LB Techniques : Effect of Rubbing", Journal of Molecular Crystals and Liquid Crystals Science and Technology, Volume 213, pp. 223-228, 1992