

노트북용 액정 모듈 내부의 온도 및 상대 습도 변화에 관한 실험적 연구[§]

김태우^{*†} · 김기빈^{*} · 이재원^{*}

* LG 디스플레이 연구센터

Experimental Study of Internal Distribution of Temperature and Relative Humidity in Notebook LCD Module

Tae Woo Kim^{*†}, Gi Bin Kim^{*} and Jae Won Lee^{*}

* Research & Development Center, LG Display Co., LTD

(Received May 17, 2011; Revised December 7, 2011; Accepted December 8, 2011)

Key Words: LCD(액정 모듈), Optical Sheet Wrinkle(광학 시트 움), Internal Temperature & Humidity(내부 온/습도), Temperature & Humidity Sensor(온/습도 센서)

초록: 노트북용 액정 모듈 내부의 광학 시트(Optical Sheet) 변형에 기인한 시인성 품질 불량을 개선하기 위한 기초 연구의 일환으로 변형 유발의 요인인 온도 및 습도의 영향을 분석할 수 있는 측정 시스템이 필요하였다. 액정 모듈 내부에는 0.5mm 미만의 미세한 공기 층이 존재하는데, 이 공간으로 외부의 습한 공기가 내부로 확산되는 것으로 추정된다. 이러한 현상을 규명하기 위하여 초소형 온도 및 습도 센서를 실장한 초박형 센서 PCB 를 액정 모듈 내부에 삽입하여 실시간으로 온/습도 변화를 측정 및 분석하였으며, 향후 변형 거동 시뮬레이션 및 구조 설계 시 필요한 기초 데이터로 활용하고자 한다.

Abstract: As a part of basic research to improve screen quality, which deteriorates when strain occurs within optical sheets in LCD modules for laptop computers, a measurement system is needed to analyze the influence of heat and moisture, which are the main factors causing the strain. It is assumed that the existence of an air gap less of than 0.5 mm inside the LCD module causes humid air from outside to permeate through the module. To investigate this phenomenon, in this study a thin printed circuit board (PCB) of compact sensors that measure temperature and humidity is inserted into LCD modules, and thus, the changes in temperature and humidity can be analyzed in real time. The results can be used as basic data for simulation of the deformation behavior and structural design of LCD modules in the future.

1. 서론

1.1 배경

현재 액정 모듈의 백라이트를 구성하는 부품 중에는 두께 0.3mm 미만의 광학 시트(Optical Sheet) 들이 다수 사용되고 있다. 이들은 PET, Polycarbonate 등의 고분자 필름으로 제조되어 있고, 고온/고습 조건에서 변형이 발생할 수 있는 재료적인 취약성을 갖고 있다.⁽¹⁾

이러한 문제를 해결하기 위해 반복 실험이 필요하고 막대한 품질 비용 손실이 발생할 수 있기 때문에 근원적인 분석과 이를 통한 개선 대책이 필요하다.

1.2 목적

노트북용 액정 모듈에 사용되고 있는 광학 시트(Optical Sheet) 관련 고질 불량인 시트 움(Wrinkle) 제거를 위한 설계 구조 및 관리 표준 도출과 이를 통한 표시 품위 향상 및 제품의 경쟁력 확보가 필요하다. 이를 위하여 시트 움(Wrinkle)⁽²⁾ 발생의 원인으로 추정되는 환경 요인 분석을 위하여 액정 모듈 내부의 온도 및 습도 분포를 모니터링 할 수 있는 측정 시스템을 개발하여 문제 해결을 위한

§ 이 논문은 2011년도 대한기계학회 신뢰성부문 춘계 학술대회(2011. 5. 19.-20., 서울과기대) 발표논문임

† Corresponding Author, robotmind@lgdisplay.com

© 2012 The Korean Society of Mechanical Engineers

기초 데이터로 활용하고자 한다.

2. 액정 모듈 내부 온/습도 측정시스템

2.1 노트북용 액정 모듈 내부 구조

측정 시스템을 이용하여 액정 모듈 내부의 온도 및 습도 분포를 측정할 모델로는 자사에서 생산중인 15 인치 사이즈의 노트북용 액정 모듈을 선정하였으며, 내부에는 다수의 광학 시트와 도광판(Light Guide Plate) 및 외부의 구조물로 구성되어 있다.

Fig. 1 (a) 는 측정 대상 모델의 단면도를 나타내고 있는데, 이물(Particle) 이 고착되지 않고 빠져나갈 수 있도록 하부 편광판(Polarizer)과 최상위 광학 시트 간에 공기 층이(~0.2mm) 존재하도록 설계하고 있으며 이를 산업용 단층 촬영기를 이용하여 실제 공기 층이 존재함을 Fig. 1(b)와 같이 확인하였다

액정 모듈 내부의 온도 및 습도를 측정할 수 있는 장치는 현재까지 개발된 사례가 없으며, 온도 측정의 경우, 기존 Wire Type 의 Thermocouple 및 Thermistor 등으로 측정을 할 수도 있으나, 여러 지점의 온도 및 습도 측정의 경우에는 Sensor 를 위치시키는데 있어서 공간적으로 많은 어려움이 따른다. 따라서 액정 모듈 내부의 좁은 공간에 삽입 가능한 Sensor 가 필요하게 되었다.

2.2 온도 및 습도 측정 Sensor PCB 제작

Sensor 는 크기와 정확도를 종합적으로 고려하여

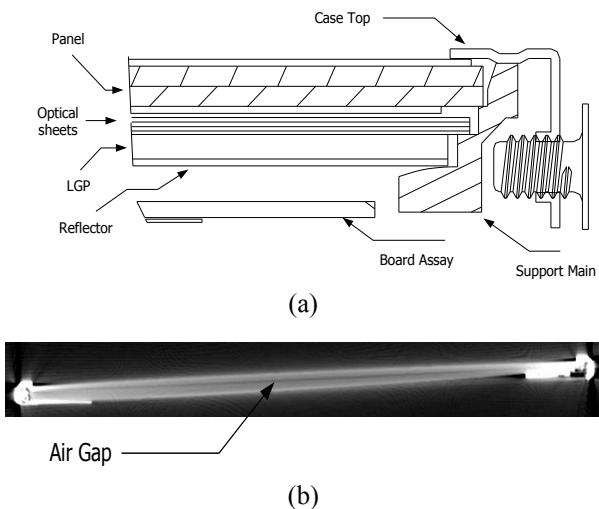


Fig. 1 LCD module structure: (a) side section drawing (b) vertical centerline section image (industrial computed tomography image)

Fig. 2(a)와 같은 형태의 Sensirion 社 SHT01 Bare Die Sensor 를 선정하였으며, Sensor 를 실장 할 PCB 는 두께와 연성을 감안하여 0.2mm 두께의 FR4 로 선정하였다. Fig. 2(b)의 점들은 센서가 위치할 지점을 나타낸다. Sensor 의 개수는 검토 모델의 사이즈를 감안하여 80 개로 선정하였으며, Fig. 2(c)와 같이 Wire Bonding 방식으로 실장 하였다.

Sensor PCB 는 액정 모듈 내부에 삽입 가능한 내장형이고, 외부 Controller 와 신호를 주기 받기 위하여 좌측 끝 단에 Connector 부를 만들었다. 하지만 공간

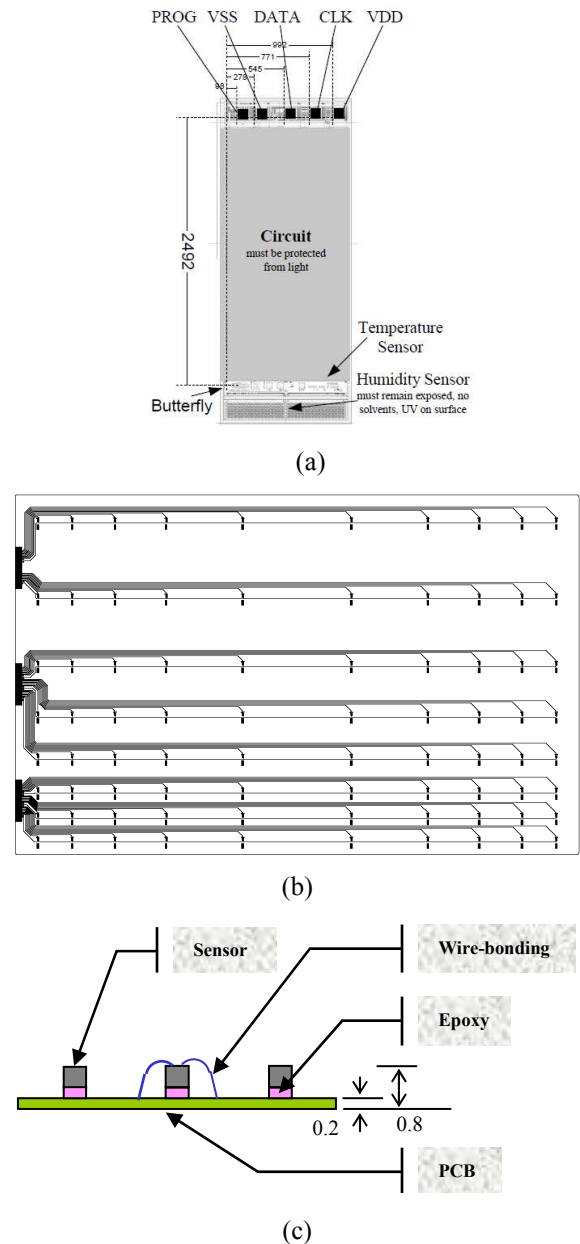


Fig. 2 Sensor PCB: (a) sensirion SHT01 bare die sensor (b) PCB schematic (335 by 210mm) (c) sensor wire-bonding schematic

이 매우 작기 때문에 일반 Connector 를 사용할 수 없었고, 50 Pin FFC(Flat Flexible Cable)를 ACF (Anisotropic Conductive Film)로 Tap bonding 하였다.

Fig. 3(c)는 Sensor 를 PCB 에 실장한 상태에서 액정 모듈 내부에 삽입 시, 두께가 적합한지 여부를 확인하고자 3D 현미경으로 표면 단차를 측정 한 결과를 보여준다. 전체 두께는 0.8mm 를 넘지 않으며, 삽입하여 실제 조립 시에도 문제가 발생 하지 않았다.(광학 sheet 4 장 두께: 0.625mm, 공기 층: 0.2mm) Sensor PCB 를 삽입 시에는 최하위 광학 시트를 Sensor PCB 로 대체하여 공간을 확보하였다.

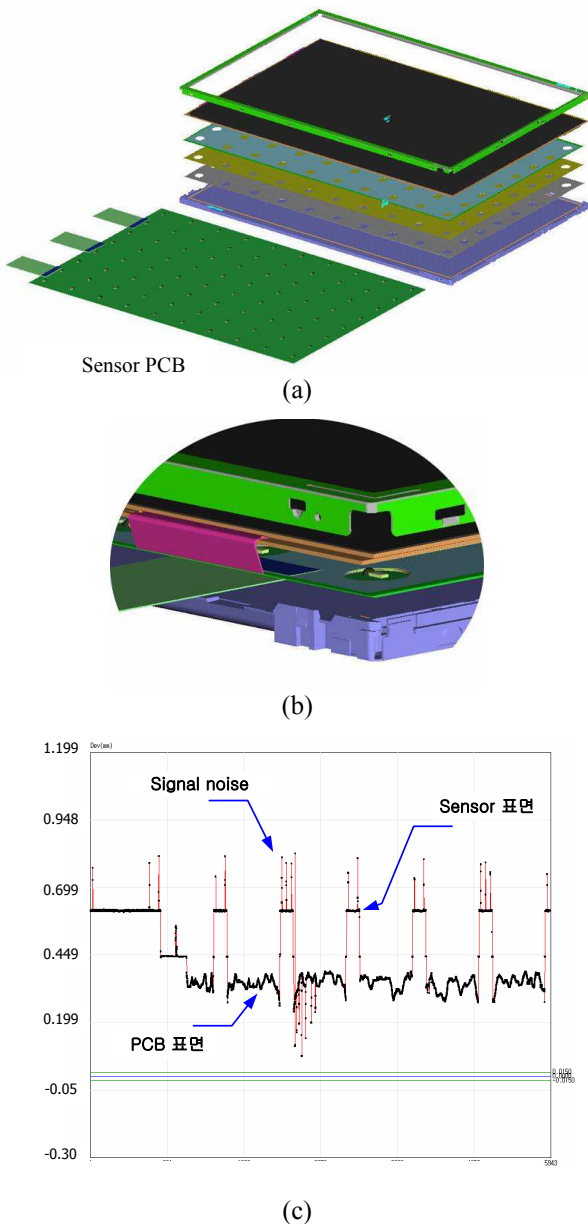


Fig. 3 Sensor PCB insertion: (a) sensor PCB assembly schematic (b) magnified-view of sensor position (c) sensor PCB thickness measurement

2.3 Data Acquisition

적용된 Sensor 는 Fig. 4 와 같이 Microcontroller 를 이용하여 I²C 와 유사한 Serial Interface 방식을 통하여 신호를 주고 받아 Data 를 측정할 수 있다. 하나의 센서에서 순차적으로 온도와 습도 데이터를 측정하는 방식이며, 이를 위하여 80 개의 Sensor 를 제어할 Sensor Controller Board 를 제작하였다. Sensor Controller Board 를 매개체로 PC 에 데이터를 저장하고 실시간으로 모니터 화면에 표시될 수 있도록 프로그램을 구성하였다.

Microcontroller 는 Microchip社 PIC18F713 을 사용하여, 각각이 10 개의 Sensor 를 Control 할 수 있도록 하였으며 Sensor 의 개수를 늘릴 필요가 있을 경우에도 확장이 가능하다. 그리고, 각각 Microcontroller 는 Advantech社 Multi-Port COMM Card 를 이용하여 확장된 Serial Port 로 Host PC 에 Data 를 송/수신하도록 구성하였다.

2.4 Sensor 측정에 관한 공정 능력 분석

본 온/습도 측정 시스템은 계측기 기능을 하는 것이므로 측정된 데이터를 신뢰하고 사용해도 되는 것인지 검증해 볼 필요가 있다. Fig. 5 는 80 개 Sensor 에 대하여 공정 능력 분석을 수행한 결과이다. 온도 및 습도 데이터에 대하여 Sensor 제조 업체의 오차 범위(±2%) 이내의 측정값을 만족시키는 것을 확인할 수 있다.

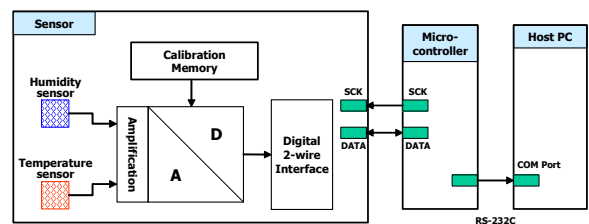


Fig. 4 Sensor PCB interface and control

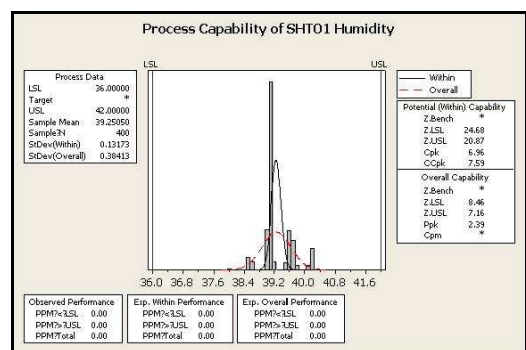


Fig. 5 Relative humidity process analysis (reference relative humidity: 40% RH, tolerance: ±2%)

3. 실험 및 결과

3.1 Mini-Chamber 구성

광학 시트 움 현상은 주로 환경적인 요인(온도 및 습도)에 기인하므로 다양한 환경 조건을 재현할 수 있는 항온/항습 챔버가 필요하다. 일반적인 챔버들은 내부의 습도를 제어함에 있어서, 다수의 Fan Unit 을 이용하여 내부 공기를 순환시키게 되는데, 이는 실제 액정 모듈이 놓이게 되는 외부 환경과는 다른 공기 유동 현상을 보일 수 있다. 따라서 내부 기류의 변화가 비교적 적은 일반적인 상황과 유사한 환경 조건을 만들기 위하여 Fig. 6 (a)와 같은 소형 챔버를 제작하게 되었다.

이는 참고문헌⁽³⁾에서와 같이 각종 화합물의 포화 용액의 조성비에 따른 습도 조절 기능을 활용한 것이다. Fig. 6(b)는 각종 화합물의 용액 조성에 따른 포화 상대습도를 나타내며, 온도 별로 원하는 포화 상대 습도를 만들어 낼 수 있다. 본 실험에서 95% RH 조건의 경우는 DI(De-Ionized) Water 를 활용하였다.

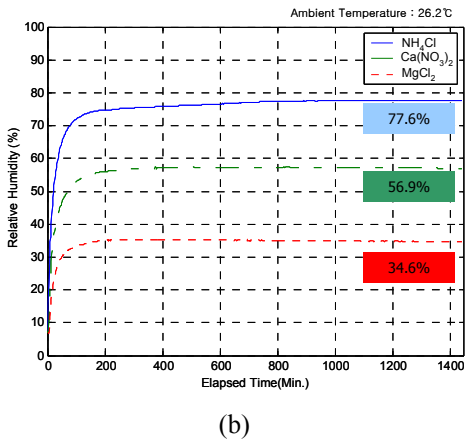
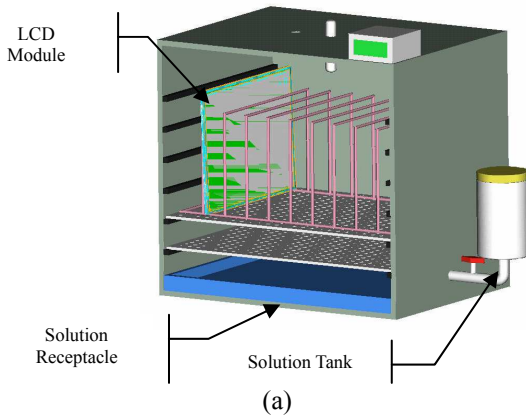


Fig. 6 Mini-chamber: (a) mini-chamber schematic (b) saturated relative humidity curves of various solutions

3.2 내부 습도 변화(보관기간: 2 일)

Fig. 7(a)는 외기온도 25°C, 상대습도 95% 인 조건에서 48 시간 동안 챔버 안에 보관한 경우, 액정 모듈 내부의 상대 습도의 변화를 나타낸다.

외부의 습한 공기는 액정 모듈 외곽 부를 통하여 내부로 침투되어 들어오는 경향을 보이며, 광학 시트의 모서리 부분이 상대적으로 외부에서 유입되는 수분에 취약함을 알 수 있다. 또한 다양한 습도 조건에 대해서도 유사한 실험을 진행할 수 있으며, 그에 따른 경향성 파악도 가능하다.

3.3 보관 후 액정 모듈 구동 시 온/습도 변화

액정 모듈 구동 시, 열원 주변 온도는 상승하고, 일정 시간이 경과한 후에는 일정 범위에서 외기와 온도 수준이 거의 유사한 열 경계부가 형성된다. Fig. 8(a) 및 (b)에 나타낸 바와 같이 열원 주변부의 상대 습도는 온도 상승에 의해 저감되는 현상이 나타나며, 수분 증발에 의한 상대 습도 증가 현상도 나타남을 확인할 수 있다.

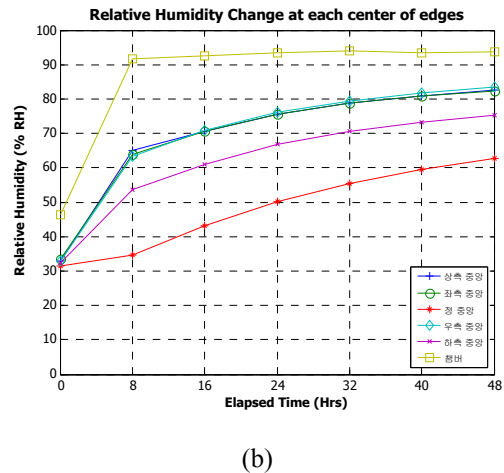
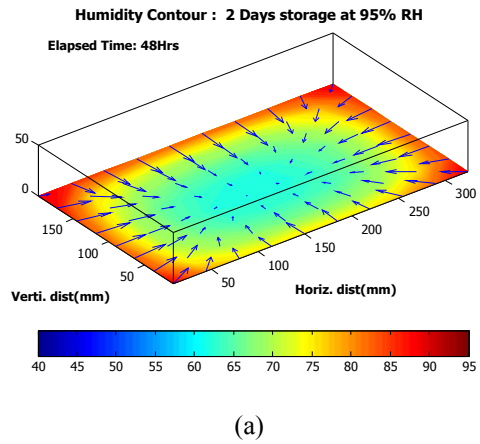
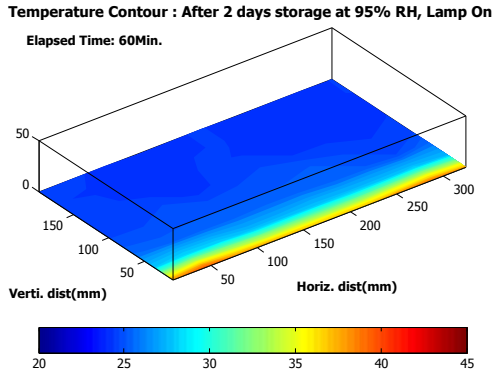
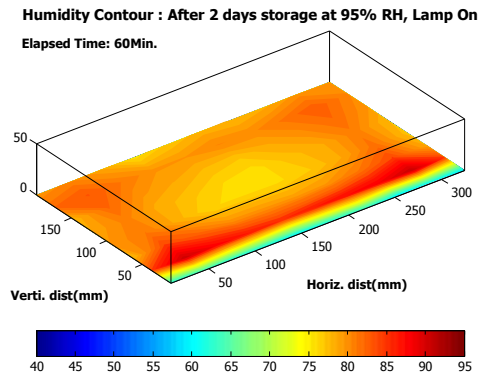


Fig. 7 Relative humidity change: (a) contour plot (b) change curves of various positions



(a)



(b)

Fig. 8 LCD module lamp on condition: (a) temperature change (b) relative humidity change

전체적으로 집등을 하기 이전과는 다른 형태의 분포가 나타남을 확인할 수 있다. Fig. 7 과 8 의 Contour Plot 은 80 개 지점의 온도 및 습도 데이터를 MATLAB 프로그램의 Contour 기능을 이용하여 도식화하였다.

3.4 유한요소해석과의 연계

기존에 시트 음을 해석하는 데 있어서는 액정모듈 내부의 온도 및 습도 분포가 실험적으로 명확하지 않아 시뮬레이션 정확도를 떨어뜨리는 결과를 초래하였다. Fig. 9 는 온/습도 측정시스템에서 측정된 온도 및 습도 데이터를 ANSYS APDL 을 활용하여 시뮬레이션 경계 조건으로 활용할 수 있는 예를 보여 준다. 각각의 데이터는 Table Parameter 로 설정하였으므로, 절점간의 데이터는 Linear Interpolation 된다. 이를 통하여 시뮬레이션 수행 시, 보다 정확한 경계 조건을 부여함으로써 결과와 실제 현상간의 정합도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

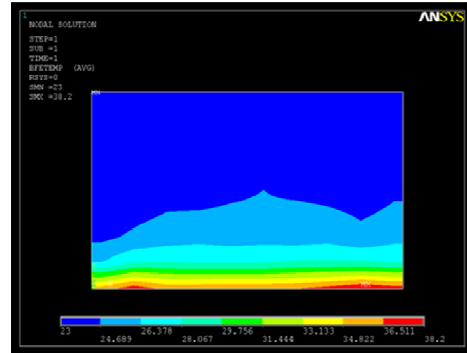


Fig. 9 Temperature contour input(ANSYS APDL)

4. 결론

환경적인 요인에 기인하는 액정 모듈 내부 광학 시트의 변형 원인을 찾는 데 있어서 기초 Data 를 제공해줄 수 있는 노트북용 액정 모듈 내장형 온/습도 측정시스템을 개발하였으며, 이를 통하여 액정 모듈 내부의 온도 및 습도 분포를 실험적으로 보다 명확하게 규명할 수 있게 되었다. 이를 통하여 광학 시트의 변형 거동 시뮬레이션, 구조 개선, 개선 광학 시트 개발 등의 유관 업무에 기초 데이터로 활용할 수 있는 실험적 기반을 마련하였다.

후 기

본 연구를 위해 Sensor PCB 제작에 협조해 주신 연구센터 및 MK 반도체 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) Wu, T. and Ke, Y., 2006, "The Absorption and Thermal Behaviors of PET-SiO₂ Nanocomposite Film," *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 91, pp. 2205~2212.
- (2) Lin, M.-H., Chen, Y.-K., Kuo, W.-C. and Huang, K.-F., 2007, "Investigation of Optical Film Ripple Phenomenon in TFT-LCD Module by Numerical Computing," *SID 07 Digest*, pp. 457~460.
- (3) O'Brien, F E M, 1948, "The Control of Humidity by Saturated Salt Solutions," *Journal of Scientific Instruments*, Vol. 25, No. 3, pp. 73~76.