

## FPD용 노광 스테이지의 통합 제어시스템 구현

김종원<sup>†</sup> · 서재용 · 조현찬 · 조태훈 · 강홍석\*

<sup>†</sup>한국기술교육대학교 전기전자공학과, \*(주) OFT

### Implementation of Exposure Stage Integrated Control System for FPD

Jong Won Kim<sup>†</sup>, Jae Yong Seo, Hyun Chan Cho,  
Tai Hoon Cho and Heung Seok Kang\*

<sup>†</sup>Department of Electrical and Electronics Eng, Korea University of Technology and Education

\*OFT

#### ABSTRACT

Expose equipment system that is used for manufacturing process of Flat Panel Display, is most important equipment in whole process. Expose equipment that is for making pattern of mask on substrate, consists of optical part, stage part and transport part. The stage is an important part that aligns mask and substrate for delivering pattern of mask to substrate exactly. In this paper, control system of expose stage that is able to use mask and substrate of diverse size, with PC controller using GUI interface instead of PLC control system. The existing PLC control system does not have the suitable structure for using mask of diverse size. GUI interface integration control system is based on PC. So it has the advantage of convenient use and active operation. We embodied PLC control system in integration control system based on PC, and verified utility possibility through the standard test course.

**Key Words** : FPD, Stage, GUI Interface, Alignment, Fiducial Mark.

## 1. 서 론

FPD(Flat Panel Display)의 제조공정에 이용되는 노광시스템(노광기)은 전체 제조공정에서 가장 중요한 장비이다. 마스크(Mask)의 패턴을 기판(Substrate)위에 만들기 위한 노광기는 광원부, 스테이지(Stage)부, 반송장비로 구성되어 있다. 이중 스테이지는 마스크의 패턴을 정확히 기판에 전달하기 위해 마스크와 기판을 정렬하는 중요한 부분이다. 마스크와 기판을 정확히 정렬하는 방법은 여러 가지가 있다. 본 논문은 마스크와 기판의 Fiducial Mark인식을 통한 정렬법을 이용한 스테이지의 정밀제어기에 관한 논문이다. 보통의 노광 스테이지는 스테이지의 제어를 위해 공압제어장치와 Servo 모터 제어장치 그리고 마스크와 기판의 정렬을 위한 스텝모터 제어기 그리고 Fiducial Mark의 인식을 위한

Vision 시스템으로 구성되어 있다. 이중 핵심 기술중의 하나는 마스크와 기판의 정렬을 위한 모터 제어 시스템이다.

현재 상용화 되어 있는 스테이지 제어기는 동일한 크기의 마스크와 기판을 사용 할 수 있는 구조로 스테이지가 구현되어 있다. 이는 몇 가지 문제점을 가지고 있는데 가장 큰 문제점은 제어기 구현에 있어서 동일한 크기의 마스크와 기판만을 이용하다 보니 새로운 크기의 제품 생산을 위해서 마스크의 크기 변화 또는 PLC 제어기의 초기화가 불가피 하다. 이는 생산라인에서는 매우 심각한 문제로 노광기 제조회사의 엔지니어가 지속적으로 제품생산에 참여 해야 하는 2차적인 문제를 함께 가지고 있다. 이런 문제를 해결 하기 위해서 마스크 홀더의 경량화 연구, Vision System의 탈부착 제어 시스템 연구 등이 이루어 지고 있다[1].

본 논문은 PLC 제어기를 GUI 인터페이스를 이용한 PC 제어기로 대체하여 다양한 크기의 마스크와 기판을 사용 할 수 있는 능동적인 노광 스테이지 제어기를 구

<sup>†</sup>E-mail : kamuiaai@kut.ac.kr

현 하고자 한다.

### 2. 스테이지 기구 구성

노광 스테이지는 마스크와 기판의 정밀 Align(정렬)을 하는 부분이다. 마스크와 기판은 제조되는 FPD의 종류에 따라 정렬 해야만 하는 부분이 4부분으로 크게 나눌 수 있다. 기존의 스테이지는 고정된 크기의 마스크와 기판을 이용하기 때문에 4개의 모터가 정밀 정렬을 위해 X, Y, Z, 그리고  $\theta$ (Theta)축 모터로 구성이 되어있다. 하지만 다양한 크기의 마스크와 기판을 사용하기 위해서 스테이지와 광원부의 평형을 맞추기 위한 정밀 모터 구동부 T1, T2, T3를 추가하여 구성하였다. T1, T2, T3는 기울기(Tilt)제어용 구동시스템으로 명명하였다.

T1, T2, T3는 스테이지의 상판에 120도의 각도로 부착되어 마스크와 기판의 평형을 제어하는 유닛으로 기존의 단일크기 마스크용 스테이지 시스템에 별도로 추가된 장치이다.

Fig. 1, 2와 같이 스테이지가 구성되고 각 스테이지

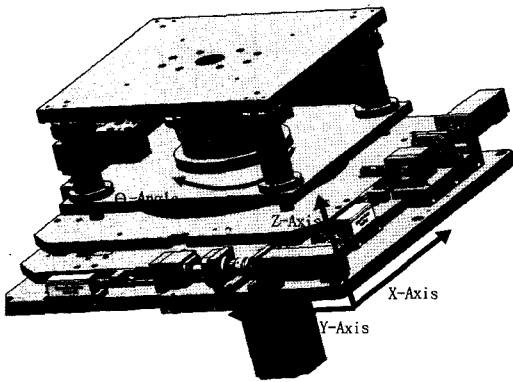


Fig. 1. Consist of stage for dynamic mask size.

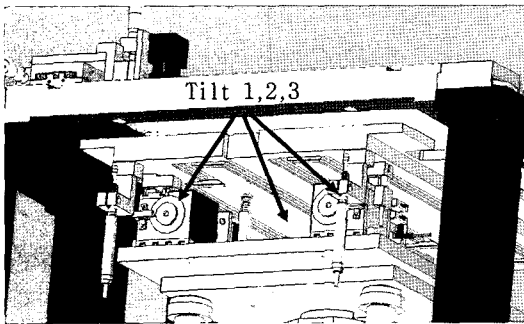


Fig. 2. Three tilt unit for tilt angle control of substrate.

는 총 7개의 Axis를 제어하기 위한 제어기 시스템으로 구성 되어있다.

### 3. 스테이지 제어기 구성

스테이지 제어기는 크게 사용되는 무게와 종류에 따라 3종류로 구분 할 수 있다. 기판과 Tilt유닛을 포함한 스테이지 상판을 Z-axis 방향으로 구동하기 위한 대용량 Step모터시스템, 그리고 기판의 X,Y 정렬을 위한 모터시스템, 기판의 평형제어를 위한 Tilt unit 3개로 구분 할 수 있다.

Z-axis 제어를 위한 제어 시스템은 고충량에 따른 중력의 영향을 최소화 하기 위한 전자 브레이커를 탑재한 모터와 고정밀 마스크 기판의 Gap 제어를 위한 알파시스템 컨트롤러로 구성되어있으며 1  $\mu\text{m}$  이하의 정밀도를 가지고 있다.

X,Y-axis 제어기는 1  $\mu\text{m}$ 의 정밀도를 가진 모터드라이버와 컨트롤러로 구성 되어있다. T1, T2, T3는 최종 마스크 기판의 수평 유지를 위해 1  $\mu\text{m}$ 의 정밀도를 가진 모터드라이버와 컨트롤러로 구성되어있으나 Tilt 유닛 장치의 기어비율을 조절하여 0.1  $\mu\text{m}$ 이하의 정밀도

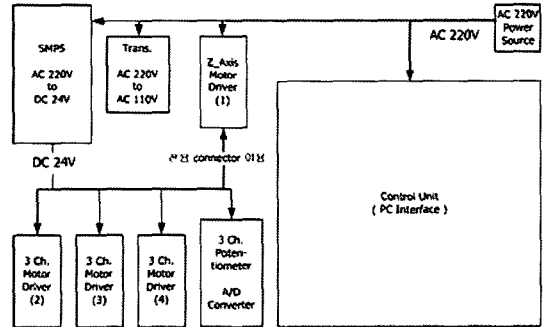


Fig. 3. Block diagram of dynamic stage for power.

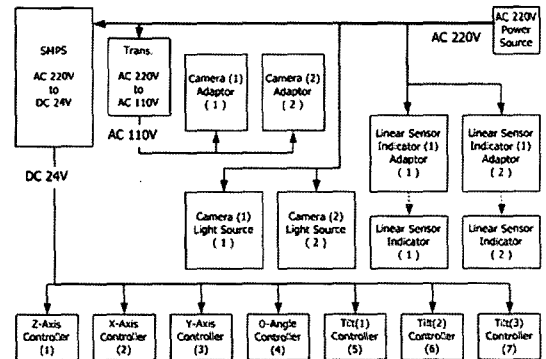


Fig. 4. Block diagram of dynamic stage for control.

를 갖지만 FPD용 스테이지에서는 그만큼의 정밀도를 필요로 하지 않으므로 본 연구에서는 1  $\mu$ m의 정밀도 까지 사용하였다.

#### 4. Vision 시스템

본 논문에 사용된 Vision 시스템은 기존의 Vision 시스템을 수정하여 사용하였고 Fiducial 마크의 정보를 이용하여 정밀 정렬이 가능한 통합제어 시스템 이 구형 되었고 구성은 다음과 같다.

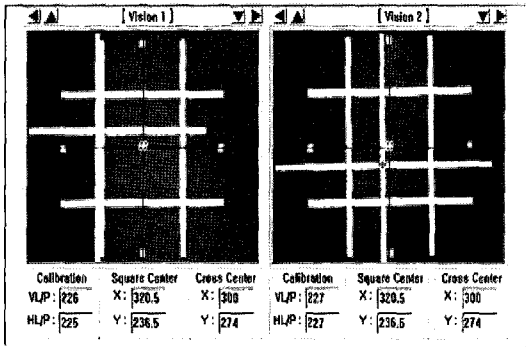


Fig. 5. Recognition of Fiducial mark.

Vision 시스템은 Mask의 #와 기관의 +형 Fiducial 마크를 CCD의 DOF (Depth of Focus)내에 접근시켜 DATA를 획득 한 후 두 마크의 편차를 계산하여 각 제어기에 필요한 파라미터를 연산하고 연산된 결과를 제어기로 전송하여 각 축의 모터를 동시에 구동시킨다. 이때 이미지로부터 얻은 DATA를 실제 구동 좌표로 전환하는 알고리즘을 새롭게 프로그램 하여, 각 구동축에 연결된 개별 모터의 개수에 따라 순차제어가 이루어지는 알고리즘을 사용하는 PLC 제어기 보다는 더 빠르고 정확한 동작이 이루어져 우수한 동작특성을 얻을 수 있다.

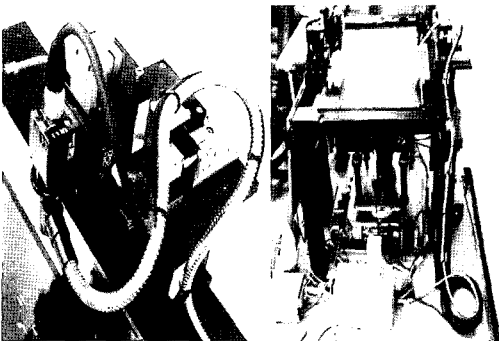


Fig. 6. Vision CCD Camera & Light Source

#### 5. 통합제어 시스템 구현

기존의 PLC 제어기를 이용한 스테이지는 구조가 특정 크기의 마스크에 고정된 구조였고 사용되는 기관도 특정 크기로 고정 되어있다. 이는 생산현장에서 다양한 크기의 FPD 제조에 능동적으로 대응 하기에 적합하지 않고 단순 양산을 위한 구조로 사용될 수 밖에 없는 문제점을 가지고 있었다. 또한 마스크의 크기가 결정 되어있으므로 다양한 크기의 패턴을 노광 하기 위해서 동일한 크기의 마스크에 별도의 패턴을 제작해야 했으며 마스크 제조로 인한 FPD 제조비용의 절감효과는 기대 할 수 없었다. 2차적인 문제로 마스크의 패턴이 변화되면 패턴의 기준좌표가 변화되므로 기준좌표의 변화가 없는 공정을 새롭게 설계하거나 PLC의 기준좌표를 수정해야 하는 문제점을 가지고 있었다. 이때 좌표수정을 위해 현장 근로자와 노광기 제조사의 기술자가 함께 참여해야 하는 문제점도 가지고 있었다. 이런 문제를 해결하기 위해서 PLC 제어기보다 사용이 편리 하면서 능동적인 제어기의 필요성이 강조 되었다.

본 논문에서 연구된 통합제어기는 다양한 크기의 마스크와 기관을 사용할 수 있는 구조로 스테이지의 기구형태를 변경하였으며 이에 맞는 GUI 인터페이스를 사용한 통합제어기를 구현하였다.

GUI 인터페이스는 시스템의 모니터링을 PC로, 제어는 PLC로 했던 부분을 하나로 통합하여 제어와 모니터링을 동시에 가능하게 하였고 Screen을 손으로 누름 으로서 간단히 노광장비를 운영 할 수 있도록 구성하였다. 통합 제어 시스템의 구성은 구성은 Fig. 7, 8과 같다.

노광 스테이지는 마스크와 기관의 정렬을 위해 다음과 같은 절차에 따라 정렬이 이루어 진다.

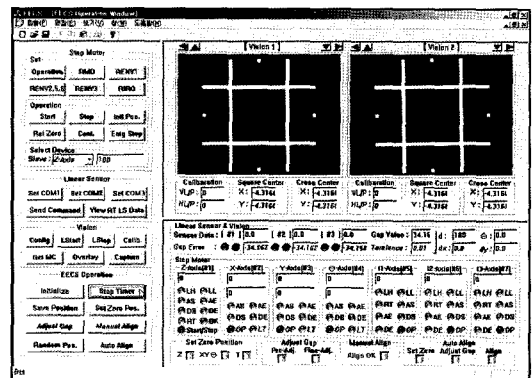


Fig. 7. GUI Interface for control of stage

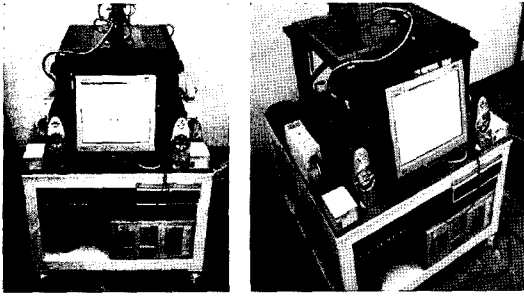


Fig. 8. Dynamic Stage using GUI interface controller.

- 1) Set Zero (초기화)
- 2) Adjust Gap (Mark & 기판과의 간격조절)
- 3) Alignment (Mark & 기판과의 마스크 정렬)

초기화 과정은 사용하고자 하는 마스크와 기판이 반송장치를 통해 스테이지에 장착되기 전에 마스크와 기판의 크기를 자동으로 인식하여 각 크기에 맞는 위치로 스테이지를 옮겨 반송장치로부터 입력될 마스크와 기판의 장착준비를 하는 단계이다. 기존의 PLC제어기는 PLC입력기를 통해 현장 근로자가 마스크의 기준좌표를 입력하고 스테이지를 좌표에 맞게 초기화 하지만 통합 제어기는 GUI인터페이스 스크린을 통해 기준좌표를 모니터링하고 인식된 기준좌표에 따라 자동으로 초기화 되어 마스크와 기판을 받아들일 준비를 하며 수동으로도 초기화 할 수 있도록 구현 하였다.

Adjust Gap은 입력된 마스크와 기판의 Pre-alignment 과정에 필요한 단계로 원하는 길이의 Gap에 맞도록 Z-axis를 구동하여 Vision 시스템 CCD의 DOF내로 마스크와 기판을 밀착시킨다. 이때 Gap조절을 위해 T1, T2, T3가 Linear Sensor의 값에 따라 마스크와 기판의 평형을 조절하게 된다[2].

정밀 정렬과정은 원하는 크기의 Gap에 맞도록 DOF 내에 있는 스테이지를 오차범위 10  $\mu\text{m}$  내로 Z-axis 드라이버를 이용하여 기판을 이동시키고, 기판이 이동된 후  $\theta$ , X, Y-axis 드라이버를 이용하여 연산된 파라미터에 따라 정밀 정렬을 하게 된다. 이때 정밀한 Gap 조절을 위해 T1, T2, T3가 능동적으로 조절되어 1  $\mu\text{m}$  이하의 정밀도를 갖는 Gap을 조절하게 되고 최종 7개의 드라이버가 단계별 또는 동시에 구동되어 빠른 정렬이 이루어진다[3].

## 6. 통합제어 시스템 평가

GUI 인터페이스를 이용한 노광 스테이지 통합제어

기를 기존의 PLC 제어기와 비교하여 평가하였다. 평가 항목은 크게 3가지로 정밀 정렬의 만족도와 시스템의 자동화 구현정도, 그리고 사용자의 편의성, 제조 장비의 구현성이다.

FPD용 노광시스템의 경우 최대 Gap 조절 범위는 100  $\mu\text{m}$  이내의 Gap 간격 유지와 간격오차  $\pm 5 \mu\text{m}$ 이다. 본 제어기는 표준 실험용 Mask 패턴과 기판을 이용하여 실험 한 결과 최대 간격유지 100  $\mu\text{m}$ , 간격오차  $\pm 5 \mu\text{m}$ 를 나타냈고 미세패턴의 경우  $\pm 1 \mu\text{m}$ 이내의 제어가 가능함을 보였다.

Fig. 9와 같이 300  $\mu\text{m}$  밖의 Gap에서는 +형의 기판 Fiducial마크가 보이지 않지만 300~100  $\mu\text{m}$  내로 접근하면서 Gap이 설정된 간격으로 조절되어 화상의 초점이 명확해 짐을 볼 수 있다.

기존의 PLC 제어기의 경우  $\theta$ , X, Y-axis 정렬은 모두  $\pm 5 \mu\text{m}$ 의 오차를 보이고 있으나 본 논문에서 연구된 통합 제어기의 경우 마스크, 기판의 정렬오차가

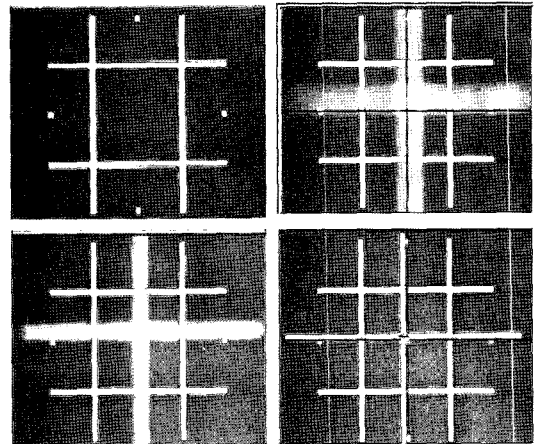


Fig. 9. Step of Gap adjust.

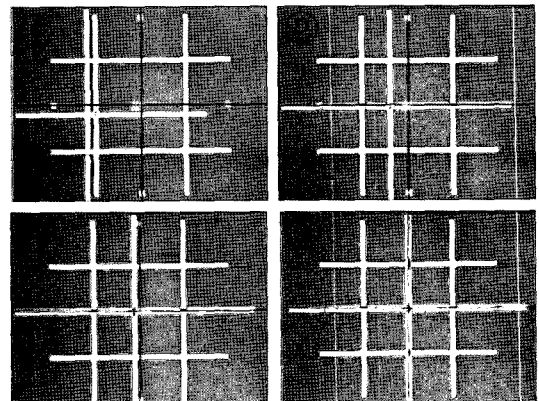


Fig. 10. Step of  $\theta$ , X, Y-axis alignment.

$\pm 1 \mu\text{m}$ 임을 보였다. 정밀 정렬의 경우 기본적으로 T1, T2, T3의 동작을 육안으로 확인하기는 매우 어려우나  $\theta$ , X, Y-axis 구동드라이버는 연산된 파라미터에 의해 동시에 구동되고 T1, T2, T3는 순차구동을 한다. 이는 각 T1, T2, T3의 구동이 기관의 평형 유지에 조금씩 상호 영향을 미치고 있으며 구동 범위가  $\pm 1 \mu\text{m}$  이내로 동작해야 함으로 동시 구동시 제2오차가 발생 할 수 있고, 약간의 기구 오차에도 큰 영향을 받기 때문에 순차구동 형태로 구현 하였다.

Fig. 10과 같이 Pre-alignment된 Fiducial 마크가 50  $\mu\text{m}$  내로 접근하면 통합제어 시스템의 제어알고리즘에 의해 스테이지가 이동되어 정밀 정렬이 이루어진다. 마스크와 기관이 삽입되고 초기화 시점에서 정밀 정렬까지 걸리는 시간은 기존 PLC 제어기에서는 경우에 따라서 3~5초 정도 걸리는 반면 통합 제어기의 경우 0.1~5초 정도 걸려 작업시간 단축 효과도 기대 해 볼 수 있다. 이는 초기 Pre-alignment 된 Fiducial 마크의 위치가 어디에 존재 하는가에 따라서 정렬에 필요한 모터의 구동 순서와 방법이 변동되기 때문에 정량화 표현이 어렵다. 또한 작업의 정밀도에 따라 모터의 구동 속도가 변동 되는데 T1, T2, T3는 모두 기계적 구조로 이루어져 있어 구동모터의 속도에 따라 작업속도가 결정 되어 진다.

자동화 시스템의 구현성은 PLC자동화 장비와 거의 일치하고 크기에 따른 마스크, 기관의 인식부분이 추가 되어 더 나은 평가를 받았으며 사용의 편의성은 PLC 입력기가 사라지고 1개의 모니터 스크린을 통해 동시에 입출력이 이루어 질 수 있도록 되어있어 더 많은 편의성을 제공하였다.

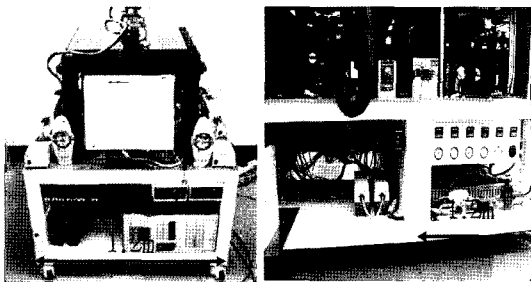


Fig. 11. Step of  $\theta$ , X, Y-axis alignment.

마지막으로 기존 PLC스테이지 장비의 크기는 스테이지 기구물과 PLC 제어기가 포함되어 2개의 Base 프레임에 탑재 가능했지만, 본 논문을 통해서 구현된 통합제어기는 PC를 바탕으로 하기 때문에 Fig. 11과 같이 Base 프레임 1개의 길이 1.2m 내에 전체 제어기

구성에 필요한 센서, 드라이버, Indicator 모두가 탑재 가능하다. 따라서 부피가 1/2로 줄어들어 생산현장의 Clean-room 부피도 현저히 감소시킬 수 있는 장점을 지니고 있으며, 장비 제조비용도 30~50% 감소시킬 수 있는 특징을 보였다.

## 7. 결 론

본 논문은 기존의 PLC 제어기를 이용한 고정형 마스크용 노광장비의 개선 및 기술의 국산화에 관한 논문이다. 기존의 노광장비는 다양한 크기의 마스크를 사용할 수 없고, 변화된 마스크를 사용하기 위해서 많은 제약조건을 갖고 있으며 이런 문제를 해결하기 위해서 많은 노력이 기울여지고 있다.

본 논문은 이런 노력의 하나로 제어시스템을 간략화 하면서 기존 시스템의 성능을 개선하기 위한 연구로 진행 되었다. 현재 생산라인에 사용하기 위한 안정도 검사를 실시 중에 있으며 PC기반의 제어시스템이다 보니 안정도에 관한 신뢰도가 100% 만족하지 못하고 있지만 지속적인 연구를 통해서 수정 보완 할 계획이며 연구실험실에서 연구 목적의 노광 시스템에 적용하여 사용하고 있다.

노광 시스템의 3가지 구성요소중 스테이지부를 선행 연구하였고 차후 광원부 시스템과 반송장비를 계속적으로 연구하고 접목하여 완성된 국산화 노광 시스템 구현을 목적으로 연구를 진행하고 있다.

## 감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RT04-01-02)의 지원으로 수행 되었음

## 참고문헌

1. 정준영 외3, "Taguchi Method를 활용한 Mask holder Part의 형상 최적화," KSDET 2006 spring conference, pp. 158-165, KSDET, 2006. 10. 12.
2. 임광국 외5, "접촉형 변위센서를 이용한노광기용 마스크-글라스간 갭 및 평형 조절장치," KSDET 2006 spring conference, pp. 120-125, KSDET, 2006. 10. 12.
3. OFT 외3, "기관스테이지," 대한민국 특허청, 특허출원 10-206-0055749, 2006. 6. 20.
4. 이준신, 김도영, "평판디스플레이공학," 홍릉과학, 2005.
5. 김근배 외7, "디스플레이공학," 청범, 2000.