

PDP용 수직형 구조의 근접 노광장치 개발

박정규* · 이항부** · 정수화**
(2000년 2월 26 일 접수)

Development of Proximity Exposure System with Vertical Structure for Plasma Display Panel

Jung-Gyu Park, Hang-Boo Lee and Soo-Howa Jeong

Key Words: Proximity Exposure(근접노광), Vertical Structure(수직구조), Gap Control(간격제어), Alignment Control(정렬제어), Collimated Beam(평행광)

Abstract

In this paper, we developed the proximity exposure system with the vertical structure of glass and mask stage to minimize the mask's warp caused by the pull of gravity. This system, which can irradiate the ultra violet through 1440×850 mm² and 1330×1015 mm² exposure area, has the following characteristics. The glass stage can be inclined by 80 degrees at vertical structure to load substrate with safety on it. When the glass stage is the vertical state, the gap control, alignment control and exposure of ultra violet are executed. So, it enhances the pattern uniformity by minimizing the mask's warp. The glass stage can also control the gap between the mask and the substrate by the coarse and fine motion control. The mask stage can adjust the posture of photomask to the position of substrate by image processing method. The glass stage for the gap control and the mask stage for the alignment are designed independently for each function.

1. 서론

첨단기기의 발달에 따라 정보의 시각적 전달수단으로서 가벼운 평면 디스플레이의 요구가 점차 증대되고 있다. 최근에는 PDP(Plasma Display Panel)을 이용한 평면 텔레비전으로서 대각선 길이 40인치급과 50인치급의 벽걸이 텔레비전이 개발되어 업계의 주목을 받고 있다.^(1,2)

PDP는 상/하판에 전류공급을 위한 전극과 플라즈마 형성을 위한 격벽, 색상을 나타내기 위한 형광체 등으로 구성되고 상/하판을 합착하여 가스를 봉입한 제품이다.⁽³⁾ PDP의 제조공정에 있어서 투명전극, 버스전극, 칼라필터, 어드레스전극,

격벽(barrier rib), 형광체 등과 같은 패턴형성은 포토리소그래피(photolithography)공정으로 제조하고 있으며 패턴의 고정세화, 패널의 대면적화 및 저가격화를 위한 기술개발이 요구된다.⁽⁴⁾ 포토리소그래피⁽⁵⁾는 PR(photoresist)도포, 노광, 현상으로 구성되며 공정장비는 대부분 도입에 의존하고 있는 것이 국내실정이다. 특히 PDP 패턴의 해상력, 균일성, 패널의 대면적화에 있어서 가장 중요한 것은 원판에 각인된 패턴을 1:1의 비율로 기관에 전사하는 평행광 근접 노광장치이다.

PDP의 제작에 사용되고 있는 자외선 노광장치는 마스크와 기관 사이의 간격을 일정하게 유지하는 근접(proximity) 노광방법과 미소한 힘으로 가볍게 접촉하는 소프트 밀착(soft contact) 노광방법, 마스크와 기관을 강제로 진공 밀착하는 하드 밀착(hard contact) 노광방법이 있다.⁽⁶⁾ 소프트 밀착과 하드 밀착 노광은 주로 패턴의 선폭이 100 [μm] 이상되는 배선기관의 제조공정에 많이 사용되고 있으며, PDP의 제조에도 적용이 가능하

* 회원, 두원공과대학 공장자동화과
E-mail : parkjg@doowon.ac.kr
TEL : (031)670-7262 FAX : (031)670-7269
** LG생산기술원 박막기술센터

다.⁽⁷⁾ 근접노광은 PDP와 TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)용 칼라필터의 제조에 주로 많이 사용되고 있다.⁽⁸⁻¹⁰⁾

수평형 노광장치로서는 마스크의 자중에 의한 소프트 밀착방식에 의한 마스크와 기판의 간격(gap)의 균일도를 유지하는 플라즈마 노광장치⁽⁷⁾와 마스크의 처짐을 계측하여 마스크와 동일한 상태의 기판 처짐을 유도하도록 기판의 흡착 스테이지에 단차를 가공하여 간격의 균일도를 유지하는 칼라필터용 대형 노광장치⁽⁸⁾ 등이 있으나 PDP의 대면적화에 적용하기 위해서는 평행광을 만들기 위한 평행화 반사경(collimate mirror)의 처짐에 기인한 광학특성과 포토마스크의 처짐에 대한 보상방법의 보완이 필요하다.

포토마스크의 처짐을 최소화하기 위한 수직형 노광장치로서는 마스크의 교환, 기판 장착의 용이성을 부여하기 위하여 기판 스테이지를 약 80 [°] 정도의 경사구조를 가진 대형 노광장치⁽⁹⁾와 90 [°]로 마스크를 세운 수직구조로서 조명광학계의 특성을 차별화한 수직형 노광장치⁽¹⁰⁾가 개발되어 대각선이 40 ~ 50 ~ 60 [mm]의 PDP제조에 사용되고 있다.

본 논문에서는 포토마스크의 자중에 의한 처짐

을 최소화하기 위하여 포토마스크와 기판의 간격 제어와 정렬제어 및 자외선 노광시에는 수직형 구조로 변형하고 기판을 기판 스테이지에 진공흡착할 경우에는 경사구조를 가지도록 기판 스테이지를 제어하는 평행광 일괄 근접 노광장치의 개발을 목표로 한다. 초고압 수은등의 광선에서 자외선을 추출하여 광세기가 균일하고 평행한 광선을 만드는 기능을 가진 조명광학계의 조사면적은 1440×1015 [mm²]으로 설계하여 대각선이 16:9의 60 ~ 65 [mm]급(1440×850 [mm²])과 4:3의 60 ~ 65 [mm]급(1330×1015 [mm²])의 PDP의 패턴을 제작할 수 있는 특징을 가지도록 설계한다. 기판 스테이지는 거시적 간격제어(coarse gap control)와 미시적 간격제어(fine gap control)의 기능을 가지고 있으며, 선단부에 있는 기판 홀더(substrate holder)는 기판을 진공으로 흡착할 수 있다. 기판 홀더는 대면적의 기판을 용이하게 진공흡착하도록 80 [°] ~ 90 [°]의 경사운동을 한다. 마스크 스테이지(mask stage)는 화상처리에 의한 위치정보를 사용하여 포토마스크와 기판의 정렬마크(alignment mark)를 일치시키는 정렬기능을 가지고 있으며, 선단부에는 도어형 마스크 홀더를 설치하여 수동작업으로 포토마스크의 교환이 가능하도록 설계하여 여러 가지의 모델에 대응하도록 하였다.

2. 시스템의 구성

2.1 근접노광의 원리

Fig. 1은 마스크와 기판을 일정한 간격으로 유지한 상태에서 자외선(360 [nm] ~ 450 [nm])을 노광하는 평행광 근접노광(proximity exposure)의 원리를 나타낸다. 설계한 패턴이 각인되어 있는 포토마스크와 금속막의 패턴형성을 위하여 금속막 위에 PR(photoresist)이 도포된 기판의 사이를 일정한 간격으로 균일하게 유지한 상태에서 자외선을 조사한다. 포토마스크를 투과한 자외선은 PR과 광화학 반응으로 물성변화를 일으킨다.

Fig. 2는 자외선을 조사한 이후의 금속막 패턴을 형성하기 위한 공정을 나타낸다. 자외선에 의해 노광된 PR막은 현상액에 대한 가용성으로 변화되어 현상공정에서 제거된다. 노광이 안된 PR막은 패턴을 형성하게 되어 에칭시에 금속이 용해되는 것을 보호하는 마스크의 역할을 한다. 에칭공정에서는 PR이 없는 부분의 금속을 에칭용

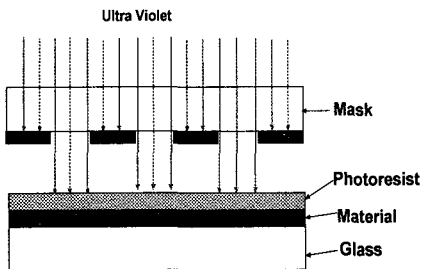


Fig. 1 Principle of proximity exposure

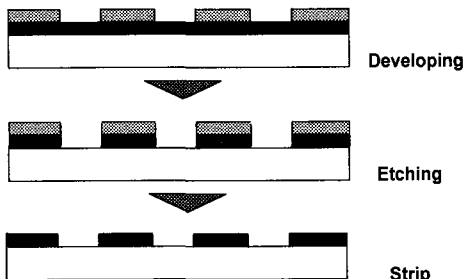


Fig. 2 Patterned material using developing, etching and strip

액으로 부식시켜 금속막을 제거한다. 스트립(strip)공정에서 금속막 위에 남아있는 PR을 제거함으로써 마스크와 동일한 금속막의 패턴을 얻게 된다.

2.2 마스크의 처짐량

대면적의 조사면적을 가진 일괄 노광장치는 균일한 광학특성(조도분포, 광선의 기울기 및 퍼짐 현상)을 가진 조명계(illumination system), 포토마스크와 기판의 간격을 균일하게 유지하는 간격 제어계(gap control system), 포토마스크와 기판의 자세를 일치시켜 중첩정도를 유지하는 정렬 제어계(alignment control system)가 중요한 요소이다. 대면적을 가진 포토마스크를 수평으로 설치할 경우, 포토마스크는 자중에 의한 처짐이 발생하고 기판을 흡착하는 기판 스테이지는 고정도의 평탄도를 가지고 있으므로 기판 스테이지에 흡착된 기판과 포토마스크의 상대적인 간격은 마스크의 처짐 영향에 따라 불균일한 상태를 유지하게 된다.

Fig. 3은 포토마스크의 자중에 의한 처짐량을 계산하기 위한 간이모델을 나타낸다. 포토마스크의 전면에 균일한 분포하중(중력)이 작용할 경우의 처짐량 δ 는 다음과 같다.⁽⁸⁾

$$\delta = \frac{wL^4}{2Ebt^3} \left(\frac{x}{L} - \frac{2x^3}{L^3} + \frac{x^4}{L^4} \right) \quad (1)$$

여기서, w 는 중력[N/cm], L 은 포토마스크의 길이[cm], E 는 종탄성계수[N/cm²], b 는 포토마스크의 폭[cm], t 는 포토마스크의 두께[cm]이고, x 는 포토마스크의 길이 방향에 대한 임의의 지점[cm]을 나타낸다.

포토마스크를 수평과 수직으로 고정하였을 경우의 처짐량의 표현을 용이하게 하기 위하여 포토마스크의 폭과 두께를 다음 식으로 나타낸다.

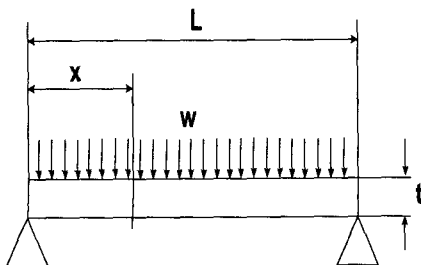


Fig. 3 Simplified model of photomask

$$b = K_c t \quad (2)$$

여기서, K_c 는 포토마스크의 폭과 두께의 비를 나타내는 상수이다. 포토마스크를 수평으로 설치하였을 경우의 처짐량 δ_h 과 수직으로 설치한 경우의 처짐량 δ_v 는 식 (1)과 식 (2)에 의해 다음과 같은 관계로 나타내어진다.

$$\delta_h = K_c^2 \delta_v \quad (3)$$

포토마스크를 수평으로 고정하는 방식은 수직으로 고정한 방식에 비하여 포토마스크의 두께와 폭의 비를 나타내는 비례상수의 제곱에 비례하는 처짐량이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 대면적의 PDP용 평행 근접노광장치를 개발하고자 하는 목적을 가지고 있으므로 포토마스크의 처짐량이 작은 수직형 노광장치를 설계한다.

2.3 수직형 노광장치의 구성

Fig. 4는 PDP와 같은 대면적의 기판에 100 μ m 이하의 패턴을 일괄 전사하기에 적합한 수직형 노광장치의 개념도이며 포토마스크의 처짐량에 대한 영향을 최소화하기 위하여 포토마스크와 기판을 수직으로 세운다. 초고압 수은등(ultra high pressure mercury lamp)에서 발광된 광선은 제2 초점에 위치한 집광기(integrator)를 향하여 방사한다. 집광기의 앞부분에 있는 셔터(shutter)는 자외선의 노광과 차광을 제어한다. 집광기에서 출사된 광선은 반사미러(reflector mirror)를 거쳐 평행화 반사경(collimate mirror)를 통과하여 마스크 홀더에 장착되어 있는 포토마스크의 상면을 조사한다. 포토마스크는 평행화 반사경에서 반사되는 광선과 수직이 되도록 고정시켜야 한다.

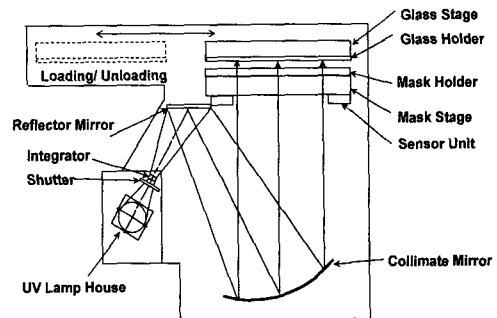


Fig. 4 Schematic diagram of vertical exposure system

마스크 스테이지는 포토마스크를 장착할 수 있는 마스크 홀더와 센서 유니트(sensor unit)를 장착하고 정렬제어(x, z, θ_x)가 가능하도록 3축 구동의 구조를 가지도록 설계한다. 센서 유니트는 포토마스크와 기판 사이의 상대적인 간격을 비접촉으로 측정하기 위한 간격 측정센서와 상대적인 자세 측정을 위한 정렬센서를 일체화한 것이다.

기판 스테이지는 기판을 진공으로 흡착하는 기판 홀더를 장착하고 있으며 거시적 간격제어(y)에 의하여 간격의 측정위치까지 이동하고 미시적 간격제어(y, θ_x, θ_z)에 의하여 일정한 간격을 제어하는 운동구조를 가진다.

2.4 평행광 조명계

Fig. 5는 포토마스크의 패턴을 1:1의 비율로서 기판에 전사하기 위한 평행광 조명계의 개략도를 나타낸다. 초고압 수은등의 제1 초점에서 발광한 광선은 타원미러(ellipsoidal mirror)에 의해 제2 초점에 집광된다. 제2 초점에는 초고압 수은등의 전극(anode and cathode) 사이의 간격과 타원미러의 집광배율에 관계하는 집광원이 형성되며 이 위치에 집광기(integrator or fly eyes)를 설치한다. 초고압 수은등과 집광기 사이에 있는 제1 반사미러(UV cut mirror)는 UV(360 [nm] ~ 450 [nm])를 반사하고 IR 및 가시광선(visible light)를 투과시킨다. 투과된 광선은 냉각기(heat sink)에서 흡수하여 냉각한다. 집광원에서의 광세기는

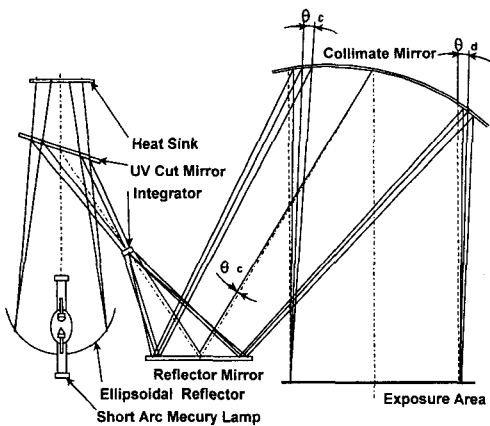


Fig. 5 Schematic of illumination system with collimated beam

가우시안(gaussian) 분포를 가지고 있으므로 유효 조사영역과 조도분포의 설계사양에 적합한 곡률을 가진 렌즈(cell lens)를 행렬구조로 조합한 집광기를 사용하여 균일한 조도분포를 만든다. 제2 반사미러(reflector mirror)는 균일한 조도분포를 가진 자외선의 광로를 변경하여 조명계의 크기를 조정한다. 평행화 반사경(collimate mirror)은 평행한 광선을 만들기 위하여 사용되며 제2 반사미러와의 위치관계에 따라서 노광면에 조사되는 광선의 기울기각(declination angle : θ_d)이 결정된다. 또한 집광기에서 평행화 반사경까지를 나타내는 광로길이에 의해 광선의 퍼짐각(collimation angle : θ_c)이 결정된다.

평행광 근접노광장치를 사용하여 패턴을 형성하기 위하여서는 조명계의 광학특성이 중요하다. 집광기에 의해 제어되는 조도분포는 패턴의 균일도에 영향을 미치고 제2 반사미러와 평행화 반사경의 위치관계에 의해 결정된 광선의 기울기각은 패턴이 한쪽으로 물리는 현상에 영향을 미친다. 광선의 퍼짐각은 패턴의 해상력에 영향을 미치며 반각이 약 1.2 [°]일 경우에 포토마스크를 통과하면서 발생하는 회절현상을 상쇄시켜 가장 좋은 해상력을 얻을 수 있다. 조도(intensity)는 램프의 출력과 렌즈의 투과율 및 미러의 반사율에 의해 결정되며 노광량을 제어하기 위하여 조도 측정기를 노광면의 근방에 설치한다.

2.5 마스크 스테이지계

Fig. 6은 수직형 노광장치에 있어서 마스크와 기판의 상대적 자세를 제어하기 위하여 구성하는 3축 마스크 스테이지(정렬계)의 모델을 나타낸다. 실선의 사각형은 마스크 스테이지에 고정된 포토마스크의 자세를 나타내고 흑점(●)은 포토마스크의 기준 정렬마크(l_{30}, l_{20})의 위치이다. $l_j(j=1, 2, 3)$ 는 포토마스크의 기준 정렬마크에서 마스크 스테이지를 구동시키는 각 모터까지의 거리를 나타낸다. 점선의 사각형은 포토마스크와 기판 사이의 간격제어가 완료된 기판의 자세를 나타내고 원(○)은 기판의 정렬마크(alignment mark)를 나타낸다. 포토마스크와 기판의 정렬오차는 포토마스크의 기준 정렬마크(l_{30}, l_{20})에서

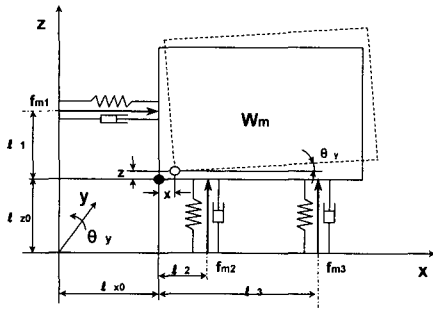


Fig. 6 Schematic structure of mask stage with 3 degree of freedom

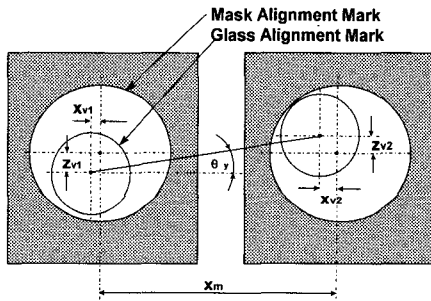


Fig. 7 Alignment mark in vision coordinate

기판의 기준 정렬마크까지의 상대적인 자세변위 (x, z, θ_y) 으로 나타낸다.

모터의 발생력 f_{mj} 과 모터에 의해 발생한 변위 x_{mj} 와의 관계를 나타내는 마스크 스테이지의 운동방정식은 다음과 같다.

$$f_{mj} - f_{gj} = W_m \ddot{x}_{mj} + b_{mj} \dot{x}_{mj} + k_{mj} x_{mj} \quad (4)$$

여기서, 첨자 $j(=1,2,3)$ 는 각각의 모터를 나타내고, W_m 은 마스크 스테이지의 총질량[N], b_{mj} 는 점성마찰계수[N · s/cm], k_{mj} 는 강성[N/cm]을 나타낸다. f_{mj} 는 구동부의 마찰력, \dot{x}_{mj} 와 \ddot{x}_{mj} 는 모터에 의해 발생하는 속도와 가속도를 나타내며, 중력에 대한 영향은 별도의 중력보상장치를 설치함으로써 무시한다.

마스크 스테이지의 직교 좌표계와 모터의 구동 좌표계는 다음의 관계식으로 나타낸다.

$$\begin{cases} x_{m1} = x - (l_1 - z) \tan \theta_y \\ x_{m2} = z + (l_2 - x) \tan \theta_y \\ x_{m3} = z + (l_3 - x) \tan \theta_y \end{cases} \quad (5)$$

Fig. 7은 포토마스크와 기판에 각인된 정렬마크의 상대적인 변위관계를 나타낸다. 2개의 CCD 카메라를 사용하여 정렬마크를 인식함으로써 상대적 위치변위 $(x_{v1}, z_{v1}), (x_{v2}, z_{v2})$ 를 구할 수 있다. CCD카메라에 의해 인식되는 위치 좌표계를 비전 좌표계라 부르고 직교 좌표계와의 위치관계는 다음과 같다.

$$\begin{cases} x = x_{v1} \\ z = z_{v1} \\ \tan \theta_y = \frac{z_{v2} + z_{v1}}{x_m} \end{cases} \quad (6)$$

여기서, x_{v1} 와 z_{v1} 은 카메라 1에 의해 인식되는 정렬마크 사이의 상대적 변위, z_{v2} 는 카메라 2에 의해 인식된 상대적 변위, x_m 은 포토마스크에 각인된 정렬마크 1과 2 사이의 x 축 방향의 길이를 나타낸다.

2.6 기판 스테이지계

Fig. 8은 포토마스크와 기판의 상대적인 간격과 간격 측정센서의 측정위치 및 간격제어를 위한 구동 모터의 위치를 나타낸다. 모터 1과 2는 기판 스테이지의 하단부에 축 중심이 일치하도록 설치하며 x_g 는 모터 1과 2 사이의 거리를 나타낸다. 모터 3은 $\frac{x_g}{2}$ 의 지점에서 수직으로 z_g 만큼 이동한 위치에 설치한다.

간격 측정센서의 기준점은 직교좌표의 원점으로부터 (x_g, y_g, z_g) 의 위치에 간격센서 1을 설치하고 기준점에서 $(0, 0, z_s), (x_s, 0, 0), (x_s, 0, z_s)$ 의 지점에 간격센서 2~4를 설치하여 포토마스크와 기판 사이의 간격을 측정한다. $l_{sj}(j=1,2,3,4)$ 는 j 번째의 간격센서에 의해 측정된 포토마스크와 기판의 상대적인 간격을 나타낸다. 점선은 기판과 포토마스크의 평행상태를 나타낸다.

기판 스테이지를 구동하는 모터의 발생력 f_{sj} 과 각 모터에 의해 발생한 직선변위 x_{sj} 와의 관계를 나타내는 기판 스테이지의 운동방정식은 다음과 같다.

$$f_{sj} - f_{sgj} = W_s \ddot{x}_{sj} + b_{sj} \dot{x}_{sj} + k_{sj} x_{sj} \quad (7)$$

2.8 제어계의 구성

마스크 스테이지계와 기관 스테이지계의 운동 방정식을 나타내는 식 (11)을 사용하여 각 스테이지계에 대한 위치 제어계를 구성한다. 마스크 스테이지계에 있어서 포토마스크와 기관의 정렬 위치오차 $X_{me} = [x_{me1}, x_{me2}, x_{me3}]^T$ 와 기관 스테이지계의 간격 위치오차 $X_{gse} = [x_{gse1}, x_{gse2}, x_{gse3}]^T$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X_{me} &= J_m [X_{vr} - X_v] \\ X_{gse} &= J_s [X_{gsr} - X_{gs}] \end{aligned} \quad (13)$$

여기서 $X_{vr} = [x_{vr1}, x_{vr2}, x_{vr3}]^T$ 는 정렬 제어계에 인가하는 목표입력, $X_{gsr} = [x_{gsr1}, x_{gsr2}, x_{gsr3}]^T$ 은 간격 제어계의 목표입력을 나타낸다.

정렬 제어계의 모터에 직접 입력되는 제어입력 $U_m = [u_{m1}, u_{m2}, u_{m3}]^T$ 와 간격 제어계의 제어입력 $U_s = [u_{s1}, u_{s2}, u_{s3}]^T$ 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} U_m &= C_m X_{me} \\ U_s &= C_s X_{gse} \end{aligned} \quad (14)$$

여기서, $C_m = \text{diag}(c_{m1}, c_{m2}, c_{m3})$ 는 정렬 제어계의 제어기(controller), $C_s = \text{diag}(c_{s1}, c_{s2}, c_{s3})$ 는 간격 제어계의 제어기를 나타낸다.

정렬 제어계와 간격 제어계의 모터가 발생하는 발생력과 제어입력의 관계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} F_m &= K_{mt} U_m \\ F_s &= K_{st} U_s \end{aligned} \quad (15)$$

여기서, $K_{mt} = \text{diag}(k_{m1}, k_{m2}, k_{m3})$ 는 정렬 제어계의 제어입력을 발생력으로 변환하는 힘상

수, $K_{st} = \text{diag}(k_{s1}, k_{s2}, k_{s3})$ 는 간격 제어계의 힘상수를 나타낸다.

Fig. 9는 식 (11)~식 (15)을 정리하여 구성한 정렬 제어계와 간격 제어계를 나타낸다.

3. 수직형 근접 노광장치

Fig. 10은 본 연구에서 개발한 PDP용 일괄 평행광 노광장치의 외관을 나타낸다. 기본적인 구조는 Fig. 4에서 설명한 것과 같으며 포토마스크와 기관을 수직으로 세우는 수직형 구조를 가진다. 정면의 중앙부에 있는 두 개의 모니터는 정렬마크를 확인하는데 사용되며, 모니터의 하부에 있는 두 개의 조작반은 메인 조작반과 조명 광학계의 제어용으로 사용된다. 모니터의 왼쪽에 있는 기관 스테이지는 기관의 진공흡착이 용이하도록 경사진 상태를 원점으로 하고 있으며 기관을 흡착한 후에 수직으로 변환하여 노광룸으로 반송한다. 노광룸은 외부의 광선이 유입되지 않도록 암실구조로 되어 있으며 포토마스크와 기관 사이의 간격을 제어하고 정렬제어를 실시한다. 모니터의 오른쪽에 있는 챔버(chamber)는 램프하우스(lamp house)를 나타내며 하부에는 램프의 전원 공급기가 설치되어 있다.

Table 1은 본 연구에서 개발한 PDP용 일괄 평행광 노광장치의 기본 사양을 나타낸다. 대각선 60"의 PDP용 기관을 노광하여 전극 제작에

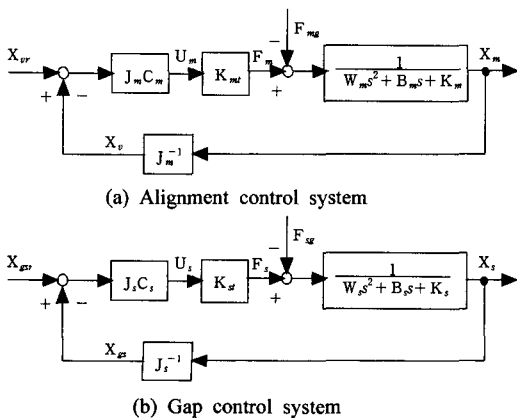


Fig. 9 Alignment and gap control system

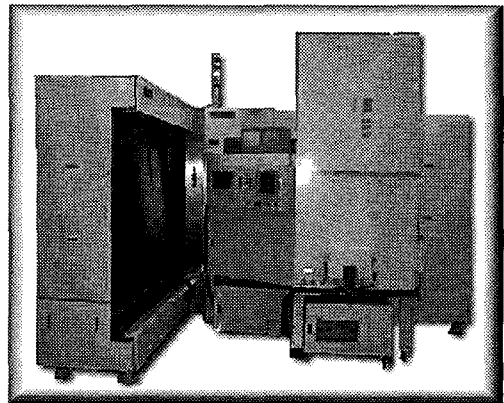


Fig. 10 Proximity exposure system of vertical structure

Table 1 Specification of exposure system

Exposure method	Proximity exposure
Substrate size	1330×1015 mm ² , 1440×850 mm ²
Efficacy exposure area	1330×1015 mm ² , 1440×850 mm ²
Collimation half angle	1.2 °
Declination angle	1 °
Intensity	6 mW/ cm ²
Intensity uniformity	±7 %
Lamp Power	8 kW
Alignment method	Manual/ Automatic
Alignment Accuracy (Automatic)	±5 μm
Gap control method	2 step drive method (automatic)
Coarse gap accuracy	±10 μm
Fine gap accuracy	±3 μm (automatic)

사용하도록 노광면적을 충분히 확보하고 있으며 패턴의 해상력을 고려하여 광선의 퍼짐반각(collimation half angle)은 1.2 [°]로 설계하였다.

PDP용 일괄 노광기^(8,9)는 5 [kW]의 램프를 채용하여 최대 노광면적이 55" 이고 조도는 5 [mW/cm²]를 가지고 있다. 본 연구에서는 대각선이 60" 인 PDP의 패턴을 일괄노광하여 형성할 수 있도록 8 [kW]의 초고압 수은등을 채용하여 8 [mW/cm²]의 조도를 400 시간을 보증(보증시간을 초과하여 사용하면 램프의 폭발 위험이 있음)하도록 조명계를 설계하였으나 실제로는 6 [mW/cm²]를 보증한다. 이는 60" (16:9와 4:3병용)의 노광면적에 조도분포 ±7 [%]를 유지하도록 조정하는 단계에서 집광기(integrator)에 필터를 삽입함으로써 발생하는 현상이었다. 8 [kW]의 초고압 수은등을 점등하기 위하여서는 전력소모가 과다하므로 초고압 수은등의 주변온도가 높기 때문에 수냉과 공냉식을 병용하여 램프 하우스를 냉각한다. 5 [kW]의 초고압 수은등을 사용할 경우에는 공냉식으로도 충분히 냉각이 가능하다. 향후에는 600 ~800 시간 동안 사용이 가능하도록 안정화된 램프와 전원공급기, 조도를 10 [mW/cm²] 이상으로 향상할 수

있는 조명계의 개발이 요구된다.

종래에 사용되고 있는 PDP용 평행광 일괄 노광기^(8~9)의 조도분포는 최대 노광면적이 55"에 대하여 ±10 [%]가 되도록 설계되어 판매되고 있으나 본 연구에서 개발한 평행광 일괄 노광기는 대각선이 60" (PDP의 유효면적)인 노광면적에서 ±7 [%]의 조도분포를 보증하도록 설계하였다. HD(high density)급 PDP TV에 대응할 수 있는 고해상도의 PDP용 노광기의 조도분포는 ±5 [%]를 보증하도록 조명계를 설계할 필요가 있다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 간격제어

실제의 노광작업에 있어서 대면적의 기판 스테이지계를 이동시켜 포토마스크와 기판 사이의 간격을 제어하기 위하여서는 포토마스크에 진동 및 면압 등의 영향이 전달되지않도록 저속으로 제어할 필요가 있다. 그래서 본 연구에서는 간격을 측정할 수 있는 센서의 측정영역까지는 거시적 간격제어(coarse gap control)를 실시하고 간격을 측정한 이후에는 미시적 간격제어(fine gap control)을 실시한다.

Fig. 11은 미시적 간격제어를 위하여 포토마스크와 기판 사이의 간격을 측정하는 센서의 출력을 나타낸다. 일정한 각도로 레이저를 포토마스크에 경사 입사시키면 포토마스크와 기판의 표면에서 일정한 양의 광이 반사된다. 포토마스크의 하면과 기판의 상면에서 반사되는 광을 CCD 카메라로 촬영하여 화상처리를 실시하여 두 광량의 피크치(peak value)를 찾으면 포토마스크와 기판의 간격을 구할 수 있다.

간격 측정센서는 Fig. 8에서 나타낸 것처럼 4 개소에 설치하여 간격을 측정한다. 미시적 간격제어를 위한 제어입력은 식 (13)을 식 (14)에 대입하여 구한다.

$$U_s = C_s J_s [X_{gsr} - X_{gs}] \quad (16)$$

본 연구에서는 간격제어를 위하여 스테핑 모터를 사용하고 있으므로 제어입력은 펄스가 된다. 목표의 간격에서 Table 1의 사양을 만족하는 정밀도(positioning accuracy)를 얻을 때까지 반복하여 간격제어를 실시한다.

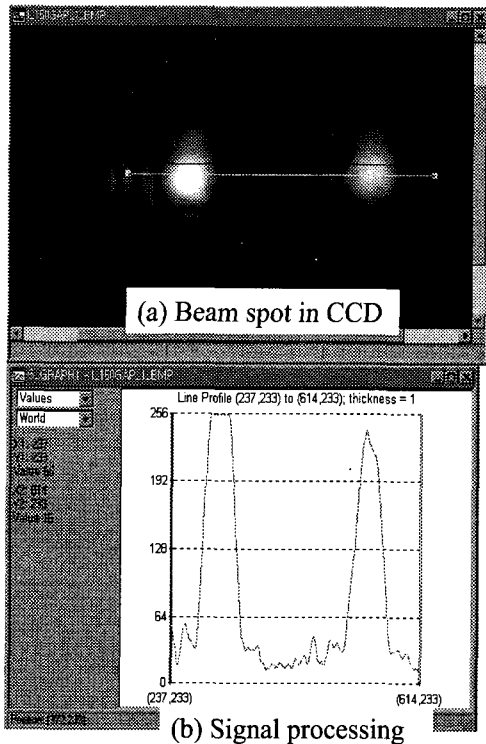


Fig. 11 gap measurement for gap control

4.2 정렬제어

간격제어가 종료하면 다음 작업으로서 포토마스크와 기판의 정렬제어를 실시한다. Fig. 12는 포토마스크와 기판에 있는 정렬마크를 CCD 카메라로 촬영한 것을 나타내고 있으며 이를 화상처리하여 원의 중심을 찾으므로써 정렬마크의 정렬오차를 구한다. 검은 사각형의 내부에 있는 큰 원은 포토마스크에 새겨진 정렬마크이고 내부에 희미하게 나타나는 작은 원은 기판에 있는 정렬마크이다. 두 대의 카메라를 사용하여 각 원의 중심을 찾아서 Fig. 7에서 나타낸 방법으로 포토마스크와 기판의 정렬오차를 구한다.

Fig. 9의 정렬 제어계에 있어서 마스크 스테이지계의 제어입력은 다음과 같다.

$$U_m = C_m J_m [X_{pr} - X_v] \quad (17)$$

Table 1에서 나타낸 정렬오차의 사양을 만족할때 까지 반복하여 정렬제어를 실시한다.

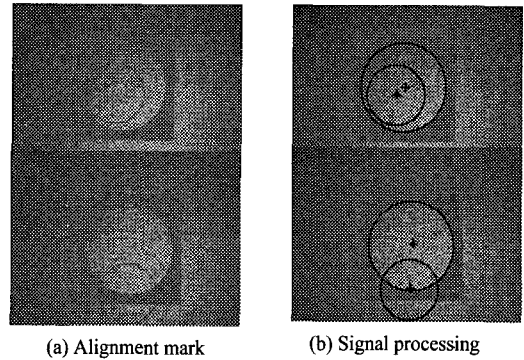


Fig. 12 Mark recognition for alignment control

5. 결론

본 연구에서는 PDP의 제조공정에 있어서 가장 핵심적인 노광공정의 필수장비인 수직형 평행광 근접 노광장치를 개발하여 향후의 PDP양산에 조기 대응하고자 국산화를 시도하였다. 평행광 노광장치는 LCD의 칼라필터와 PDP의 패널제조에 사용되는 핵심장비로서 도입에 의존하고 있는 것이 현실이나 본 연구에서 평행광 근접 노광장치를 개발함으로써 국산화의 발판을 마련하였다. 본 노광장치는 대각선 60"의 PDP 패널용 전극 노광용으로 사용이 가능하며 Table 1에 나타낸 기계적인 사양을 만족하고 있으며 본 노광장치를 사용하여 PR(photo resist)의 패턴을 형성하는 실험결과 패턴의 해상력은 20 [μm]이며 피치 오차는 ±6 [μm]를 나타낸다.

향후의 과제로서는 PDP의 양산라인에 적합하도록 신뢰성을 확보하는 것과 양산시스템의 최적화가 필요하다.

참고문헌

- (1) Yamada, H., 1998, "Large Screen Size 50 inch Color Plasma Display," The Proceeding of Electronic Display Forum 98, pp. 5-54~5-59.
- (2) Saegusa, N., 1998, "A 50 inch AC Hi-Vision Plasma Display Panel," The Proceeding of Electronic Display Forum 98, pp. 5-60~5-64.
- (3) Uchiike, H., 1998, "カラ-PDP製造装置の概要と技術動向," Clean Technology, 6月号, pp. 37~43.

- (4) 笠原滋雄, 1998, "PDP製造工程におけるフォトリソグラフィ," 月刊 FPD Intelligence, 6月號, pp. 72~78.
- (5) 小林 昭監修, 1996, "超精密生産技術大系: 第4卷應用技術," Fuji Techno System, pp. 139~152.
- (6) Yamamoto, M., 1996, "PDP用Proximity露光裝置," 月刊 LCD Intelligence, 6月號, pp. 91~94.
- (7) Seiwa光學製作所, 1996, "プラズマ露光裝置 (PA-1290AA),"
- (8) Kozuka, T., 外4人, 1996, "超大型550×650mm ガラス基板對應プロキシミティ露光裝置," Hitachi DECO. 技報, Vol. 12, pp. 10~15.
- (9) Hakuto Co., 1996, "大型露光裝置(MAT-5503),"
- (10) Dainippon kaken Co., 1997, "従型露光機 (MA-6800)."