

FTM 튜브의 판넬과 마스크의 일치방법 개발

윤종순* · 정종윤**

Development of Registration Method of Panel and Mask for FTM Tube

Jong-Soon Yun · Jong-Yun Jung

〈Abstract〉

This paper presents a useful method of registration in manufacturing of shadow color mask for cathode ray tubes of the FTM (Flat Tension Mask) type, wherein the shadow mask and front panel are interchangeable when mask-panels are assembled, which is called ICM system. Theoretical analysis and alignment process are presented. The pattern of mask aperture is registered with a screen pattern of corresponding geometry of the panel in flat tension mask tube. Registration accuracy of panel and mask affects the purity of color cathode ray tube concerned with mislanding. It tries to minimize the misregistration caused by variances, which are mechanical error, mask stretching position error, restrictive number of fiducial point, etc.

1. 서 론

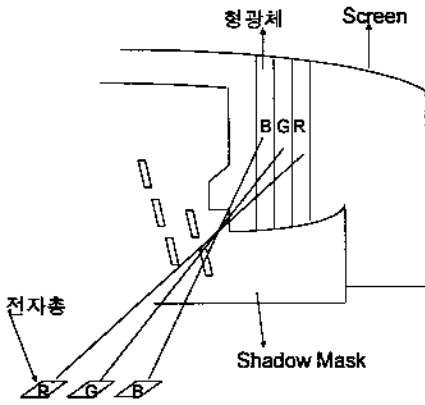
칼라 수상관은 1897년 브라운관이 발명된 이후 발전을 거듭하여 1939년 뉴욕박람회에서 RCA 사가 시험방송을 한 것을 기점으로 하여 1941년 미국에 흑백 TV방송시작, 1950년 칼라 수상관을 개발하였고 1953년 미연방 통신위원회는 NTSC 방식을 칼라 TV 표준방식으로 승인한 이후 칼라 TV 시대가 개막되었다. Fig. 1에 새도우 마스크형 튜브의 칼라 재현 원리를 간단히 표시하였다. 3원색 (Red, Green, Blue)을 독립적으로 발광하는 형광체와 그것들에 각각 대응하는 전자총과의 사이에 새도우 마스크의 구멍부분을 통과하고 구멍을 통과한 각각의 전자빔은 그 기하적 구조에 의해 대응하는 R (Red), G (Green), B (Blue) 형광체에만 충돌하게 된다. 즉, 3개의 전자빔에 3원색 신호를 독립적으로 인가하면, 형광면에서는 변조된 3원색 화면이 합성되어지고, 따라서 칼라 화면이 스크린에

재생되어 진다. 새도우 마스크 튜브는 이처럼 색선별작용을 하는 전극으로서 마스크를 이용함으로써 특수한 제어장치를 필요로 하지 않고 오직 마스크의 기하학적 형태만으로 그 역할을 하는 장점을 갖고 있다. 새도우 마스크 튜브는 주로 TV용으로 사용되는 스트립 형 (Stripe Type) 과 모니터 (Monitor) 용으로 사용되는 돛 형 (Dot Type) 등으로 구분되어 진다.

고해상도의 CRT 에서는 제조 공정에서 스크린과 마스크의 엄격한 허용오차로 FTM (Flat Tension Mask) 의 접근이 매우 유의성이 있어 FTM 기술을 개발하였고 1986년 5월 Zenith사에서 14인치 모니터용 CDT (Cathod Display Tube) 를 개발하였다.[1,2] 복잡한FTM 공정을 단순화 시키기 위한 연구가 계속되어 편넬을 접착하기 직전에 마스크를 팽팽하게 잡아당기고 위치를 제어한 뒤 패널 (Panel) 에 마스크를 결합하는 ICM (Inter-Changeable Mask) 방식에 의한 튜브의 제조 방법이 개발되었다.

* LG전자 생산기술센터

** 창원대학교 산업공학과



<Fig. 1> Shadow Mask Tube

본 논문에서는

- 1) FTM 공정의 특성을 규명하고,
- 2) 머신 비전 (Machine Vision) 에 의해서 마스크와 판넬을 $\pm 5\mu\text{m}$ 이내로 일치시키기 위한 방법과
- 3) 측정용 마스터 판넬 (Master Panel), 비전시스템 및 지그 (Jig)와 볼 - 그루브 (Ball-Groove) 를 이용한 서로 다른 두축을 일치 (Alignment) 시키는 방법을 개발하고,
- 4) 측정장치를 이용해 결과를 검증 및 고찰하고자 한다.

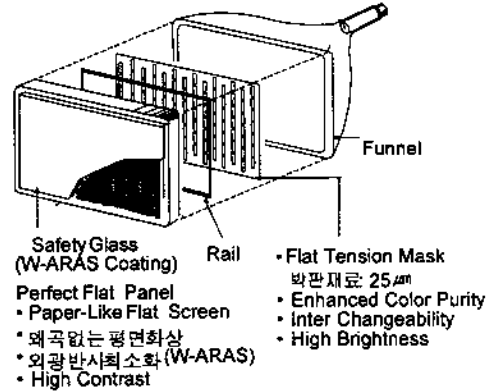
2. 연구 배경

Thermal type FTM 튜브의 제작 공정은 복잡하고, 스크린 노광에서 마스크의 에칭 (Etching) 정도에 따라 도포된 판넬 품질이 결정되므로 품질이 떨어지게 되고, 공정이 복잡하며 불량율이 높아 양산성이 없었다. 이에 따른 ICM형 FTM 튜브의 개발이 요구 되었으며, FTM 공정중 핵심 설비인 ICM 머신을 개발하기에 이르렀다.[3,4,5] 본 논문에서는 ICM형 FTM 튜브의 특성에 따른 ICM 머신의 구성을 기술하고, 실험방법을 고찰하고자 한다.

2.1 FTM 튜브의 개요

FTM 튜브는 마스크의 열팽창에 따른 도밍 (Domming) 및 화울링 (Howling) 현상을 개선하고 색순도 (Purity), 색대비 (Contrast), 분해도 (Resolution) 및 밝기 (Brightness) 특성을 개선하며 외광 반사율을 최소화하고, 어떤 방향에서나 찌그러짐 없는 화상을 구현한다. 또한 완전 평면화로 유효 시각을 최대

화 시키고 눈의 피로를 최소화 시킨 고해상도의 브라운관이 다. FTM 튜브의 구성은 <Fig. 2>에 나타난 바와 같이 도포된 완전 평면유리 (Perfect Flat Glass), 레일 (Rail), 25 μm 두께의 새도우 마스크 및 안전유리 (Safety Glass) 로 구성된 판넬, 판넬 및 전자총으로 구성되어 있다.



<Fig. 2> Construction of FTM Tube

2.2 FTM 공정

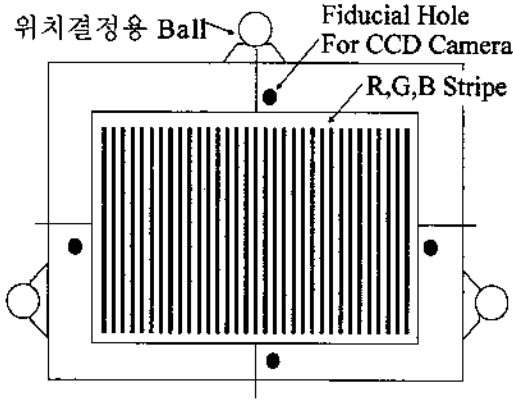
2.2.1 근접 노광

기존의 브라운관 공정은 마스크와 판넬을 짝짓기하여 R, G, B 노광 및 세척공정을 수행하며 광 프로파일 (Profile) 은 가우시형 펄스 (Gaussian Pulse) 이며 노광 시간은 약 60초 정도 이고, 마스크에 의해서 1개의 광원으로 3회 노광을 하는 반면, FTM 노광 방식은 마스터 패턴 (Art Work) 을 이용하여 마스크와는 독립적으로 화소를 판넬에 도포하는 기술로 판넬과 마스터 패턴이 근접되어 노광되는 근접 노광 방식을 채택하고 있다. 근접 노광 방식은 시간 단축 및 고품위 색순도 특성을 가지고 있다.

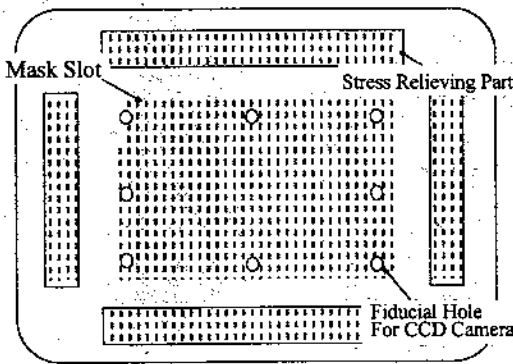
2.2.2 판넬과 마스크

근접 노광에 의해 도포된 판넬에는 Fig. 3에 나타난 바와 같은 4개의 기준점 (Fiducial Hole) 정보가 있어 CCD (Charge Coupled Device) 카메라에 판넬의 위치 데이터를 제공하며, R, G, B의 스트라이프에 대한 스크린 정보를 가지며, 또한 위치 결정용 볼이 3개 붙어 있다. 또한 Fig. 4에 있는 마스크는 두께가 25 μm 의 박판으로써, 마스크 구멍의 정보, 카메라 측정용 인식 구멍 및 마스크 늘임을 용이하게 하기위한 여유면 (Stress

Relieving Part) 으로 구성되어 있다.



〈Fig. 3〉 Schematic Configuration of a Panel



〈Fig. 4〉 Schematic Configuration of a Mask

2.3 ICM 머신 구성

ICM 머신은 마스터 패턴에 의해 도포된 판넬과 임의의 마스크를 늘여서 마스크축과 판넬축을 일치시켜 레이저 용접에 의해 판넬과 마스크를 일체화 시키는 공정이다. 주요 구성은 Fig. 5와같이 마스터 컴퓨터 (Master Computer), 판넬 카메라 (Panel Camera), 판넬 대차 (Panel Cart), 작업영역 (Working Area), 마스크 대차 (Mask Cart) 및 소프트 웨어로 이루어져 있다. 각각의 기능은 다음과 같다.

2.3.1 마스터 컴퓨터

ICM 머신은 1대의 마스터 컴퓨터에 의해 제어되며 구성은 비전 보드 (Vision Board), 인덱스 보드 (AT6400 Indexer), 네트워크 카드 (Network Card) 및 디지털 입출력 보드 (Digital I/O Board) 로 구성되어 있다.

2.3.2 판넬 카메라

Fig. 6에서와 같이 판넬의 4개 기준점 정보를 영상처리하여 늘어뜨린 마스크와 일치 (Alignment) 시킬 때 위치 정보를 제공한다.

2.3.3 판넬 대차

- 4 조명등(Light Source)

Fig. 6의 C#1, C#2, C#3, C#4 의 판넬 카메라에 조명을 제공하며 재질은 광파이버이다.

- X,Y, θ 테이블

X,Y, θ 테이블 위에 판넬을 놓은 후 판넬 카메라로 4개의 기준점을 인식하고 직각 좌표계를 구성 X,Y, θ 의 정보와 늘어 난 마스크의 직각좌표계의 X,Y, θ 를 비교하여 판넬과 작업영역 내의 마스크 좌표계를 일치시켜 주는 역할을 한다.

2.3.4 작업 영역

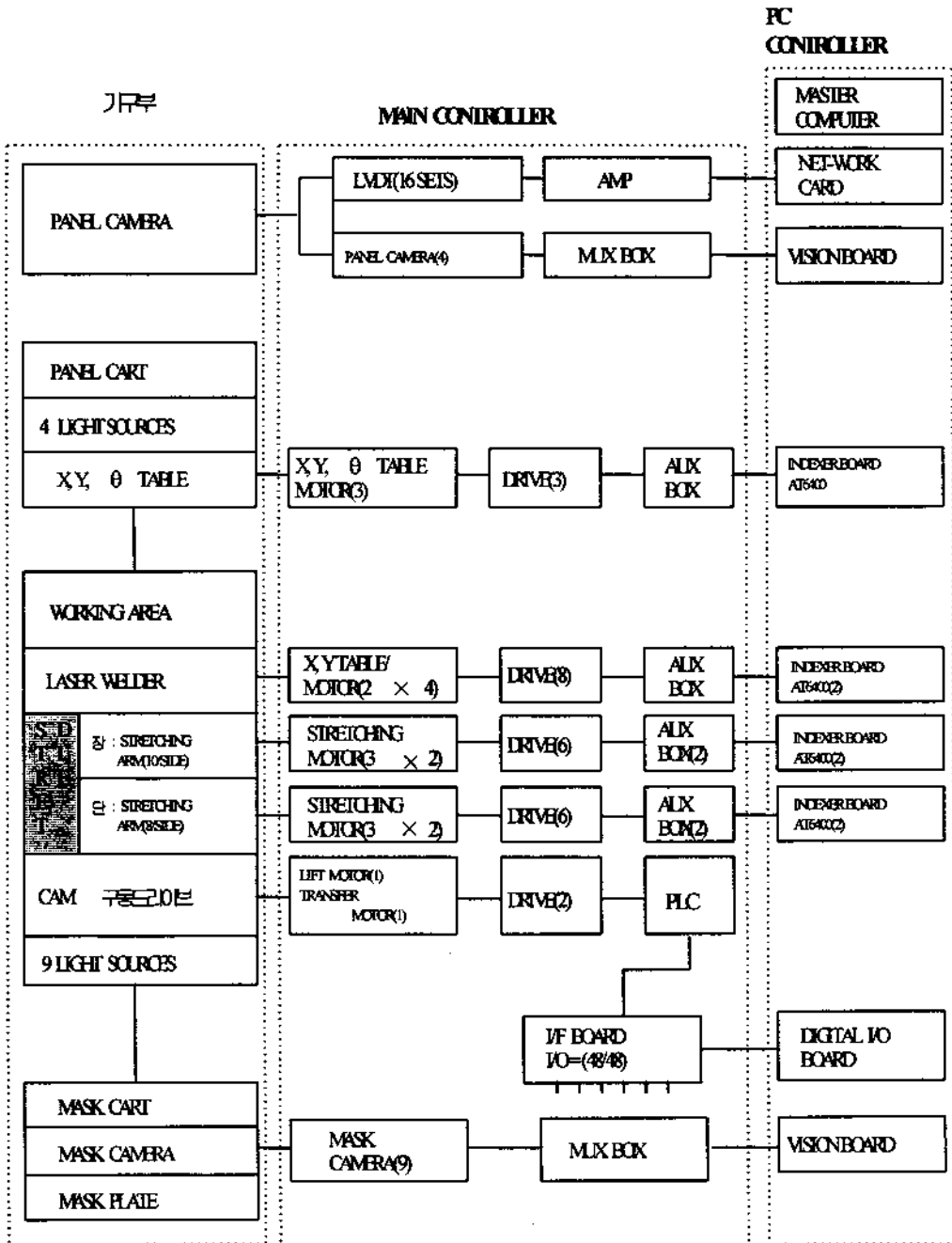
구성은 레이저 용접기, 스트레칭 다이 (Stretching Die) 및 9 개의 조명 장치(Light Source)로 구성되며 마스크 늘이기, 용접 및 마스크 여유분 절단 작업이 수행되는 공간이다.

-레이저 용접기 (Laser Welder)

레이저 용접기는 LVDT (Linear Voltage Detect Transducer) 로 부터 레일의 경로 정보를 제공받아 용접 건 (Laser Gun) 을 이동시킨다. X,Y 테이블 4세트, 모터 8대, 용접 건, 에어 실린더, 건의 초점 조정용 마이크로미터 및 마스크를 눌러 주고 조명을 제공하는 LED 플레이트로 구성되어 있다.

- 스트레칭 다이 (Stretching Die)

스트레칭 다이는 마스크를 늘이기 위해 마스크를 고정 시켜 주는 클램퍼 (Clamper), 일정한 양으로 마스크를 고정시킬 수 있도록 클램퍼를 정렬시켜주는 클램핑 어레이 (Clamping Array), 각 클램퍼 마다 마스크를 당기는 힘의 비를 부여해주는 스트레칭 암 (Stretching Arms), 마스크를 늘일 때 이동량을 부여해 주는 스트레칭 모터 (Stretching Motor), 모터의 회전 운동을 직선운동으로 바꿔주는 볼 스크루 (Ball Screw) 및 마스크 대차와 판넬 대차의 위치를 결정 시키는 볼-V 그루브

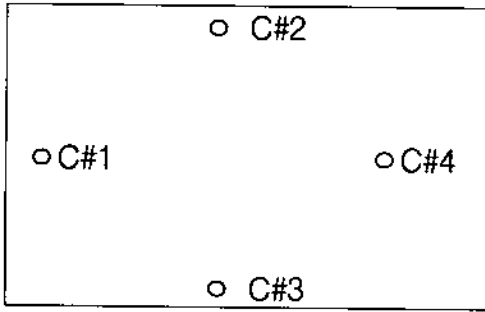


<Fig. 5> Schematic Diagram of ICM System

(Ball/V-Groove-3) 로 구성되어 있다.

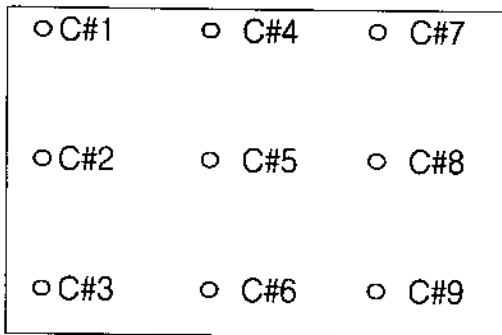
2.3.5 마스크 대차

마스크 대차는 마스크를 작업 영역내의 클램퍼에 공급하며, Fig. 7의 C#1~C#9의 위치에 마스크를 늘이면서 9개의 마스크



<Fig. 6> Panel Camera

크 기준점을 측정하여 스트레칭 모터에 구동 정보를 제공하는 마스크 카메라로 구성 되어 있다.



<Fig. 7> Mask Camera

2.3.6 소프트웨어 (Software) 구성

ICM 머신을 위한 소프트웨어는 크게 스트레칭 모듈 (Stretching Module) 과 용접 모듈 (Welding Module) 로 나누어지며 각각의 내용은 <Fig. 8>과 같다.

1) 화상 처리 (Image Processing)

광원으로 부터 발광되어 판넬의 형광체 또는 마스크 구멍 (Mask Aperture Hole)을 통과한 빛이 판넬 카메라 또는 마스크 카메라에 입력, 처리되어 원하는 정보를 추출한다.

2) 기계 제어 (Stretching & General Machine Control)

스트레칭을 위한 마이크로 스테핑 모터의 동작을 제어한다. 판넬/마스크 대차, 판넬 카메라, 레이저 건, 캠 구동 등의 각 유니트를 지정 위치로 이동시킨다.

3) 판넬 위치 제어 (Panel Position Control)

판넬 대차내의 3개 X,Y, θ 테이블용 모터로 X-Y 평면내에서 판넬의 위치를 제어한다.

4) 용접 모듈 (Welding Module)

용접 경로를 계산하고 지정된 경로를 따라 용접이 되도록 용접기와 용접경로를 제어 한다.

3. 실험 및 고찰

전자총 (Electric Gun)에서 방출된 전자빔은 자계를 이용한 편향 시스템 (Deflection Yoke)에 의해 주사될 때 자계 영역에서는 원운동을 하고 자계 영역 밖에서는 직선운동을 하여 화면 (Screen) 전면에 주사된다. 이때 형광체를 조사한 전자빔은 화상신호에 대응하여 전자총에서 방사된 전자빔이 주사 되도록

Software 구성

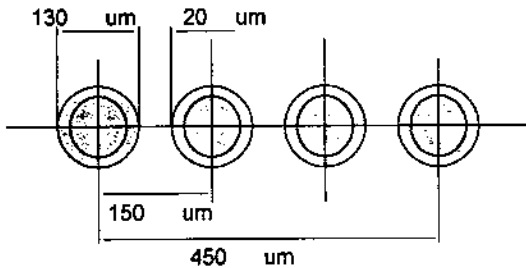
Stretching Module	Welding Module
Stretching/General Machine Control (AT6400)	LVDT Rail Path Control (Network Card)
Image Processing (Vision Board)	Welding Process Control
Panel Position Control (AT6400)	A : LASER Control
	B : Welding Control

<Fig. 8> Software Configuration

록 정해진 형광체를 주사해야만 정확한 화상을 재현할 수 있다. 판넬과 마스크의 일치 정도는 마스크의 작용과 불가분의 관계에 있으며, 편차가 생기는 주요 원인은 다음과 같다.

- (1) 마스크와 형광면과의 기하학적 위치관계
 - 온도 변화에 의한 마스크의 변형
 - 제조공정 중의 마스크, 판넬의 변형
- (2) 외부 자계에 기인한 것
 - 마스크의 자화에 의한 것
 - 지자계에 의한 것
- (3) 동작자계에 기인한 것
 - 편향 중심의 이동에 기인한 것
 - Deflection Yoke 에 의한 것
- (4) 전자총의 조립 오차에 의한 것

(1)의 요인이 ICM 머신에 의해서 결정되며, (2), (3), (4)항의 요인에 의한 오차를 고려하고 나면, Fig. 9의 형광체경, 마스크경, 형광체 피치 (Pitch) 등에 의해서 요구되는 판넬과 마스크의 일치정도는 $\pm 5 \mu\text{m}$ 이내가 되어야 한다. 본 연구에 사용된 마스크는 CDT용 슬롯 마스크이며, 이동방성 (Orthotropic)의 성질을 가지며 박판 (두께 : 24 마이크로) 이므로 $\nu \approx 0$ 으로 평면응력 (In Plane Stress)을 받는다고 가정한다.



(Fig. 9) Accuracy of Registration

3.1 측정

ICM 머신에서 스크린과 마스크의 일치 정도를 얻는데 있어 가장 중요한 것은 서로 다른 두 축상에 존재하는 판넬 카메라와 마스크 카메라를 일치 시켜 주기 위해서 서로 다른 축을 일치시키는 방법과 보상해 주는 방법이 중요하다.

서로 다른 두 축에 있는 마스크 대차상의 마스크 카메라 (9개), 판넬 대차상의 판넬 카메라 (4개)의 축을 일치시키고 서로 다른 기구축을 일치 시키기 위하여 붙이 붙은 마스터 판

넬, 기준 카메라가 부착된 세팅 지그를 사용한다.

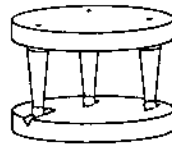
마스터 판넬은 다음의 정보를 가지고 있다.

- 1) 마스크 카메라 설치 기준점 데이터 9점
- 2) 판넬 카메라 설치 기준점 데이터 4점
- 3) 카메라 분해능 보상 정보
- 4) 카메라 축 보상 정보
- 5) 서로 다른 기구축을 일치 시킬 수 있는 정보

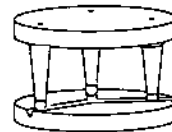
3.1.1 볼 / V-그루브 장치 (Ball / V-Groove System)

고정도와 반복성을 얻기 위해 V 그루브와 볼과의 위치결정용 방식을 이용했다. 튜브 특성상 판넬과 마스크가 조립된 상태에서는 대칭성 있는 열팽창이 요구되므로 마스크, 레일 및 판넬은 거의 같은 열팽창계수를 좌우 대칭성 있는 열팽창을 가지도록 재료물성을 선정했으며, 3 V 그루브 (Three Vees Groove) 장치를 사용해서 위치결정을 하였다. Fig. 10에 볼 그루브 장치를 나타냈으며, 3 비는 온도에 따른 변형량이 모두 중심에서 방사방향으로 향하므로 좌우대칭의 열팽창을 가질 수 있다.

Vee - flat - cone (more properly Trihedral hollow)



Three vees



(Fig. 10) Ball / V - Groove System

3.1.2 화상 처리

마스터 판넬에 있는 마스크 카메라 9대와 판넬 카메라 4대의 기준원의 중심을 구해 마스크의 경우에는 목표 중심 위치와 측정된 중심 위치를 비교해 늘여야 할 양을 결정하고 좌표 중심선에 있는 카메라의 경우 중심선들을 잇는 직선을 구하여 마스크 중심을 구하고 판넬의 경우에는 4개의 측정값을 구해 직선을 구한 다음 판넬 중심을 구해 마스크 중심과 일치 시켜 주는데 필요한 판넬의 X,Y,θ 테이블의 모터 보상량을 구한다.

1) 중심 추출 화상처리 순서

본 장치에서 화상처리에 의한 측정 오차는 1um 이내여야 하며 화상처리 순서는 <Fig. 11>와 같다.

2) 최소 자승법에 의해서 원의 중심을 구한다.

<Fig. 12> 에서와 같이 임의의 측정점 (x_i, y_i) 들이 가지는 오차가 최소인 원의 중심 (a, b) 를 구한다.

$$\text{원의 방정식 } (x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2 \quad \text{식 (1)}$$

을 전개하면

$$x^2 - 2ax + a^2 + y^2 - 2by + b^2 - R^2 = 0 \text{ 이 되고, 이것을 다시 쓰면}$$

$$x^2 - Ax + y^2 - By - C = 0 \quad \text{식 (2)}$$

이 된다. 여기서 $A = 2a, B = 2b, C = R^2 - a^2 - b^2$ 이다.

최소 자승법에 의해 A, B, C를 구하기 위해 오차 $Q = \sum_{i=0}^n (x_i^2 - Ax_i + y_i^2 - By_i - C)^2$ 이라고 두면 Q가 최소가 되는 조건은 변수 A, B, C 각각에 대한 편미분이 0이 되어야 한다.

$$\text{따라서 } \frac{\partial Q}{\partial A} = 0, \quad \frac{\partial Q}{\partial B} = 0, \quad \frac{\partial Q}{\partial C} = 0, \quad \text{식 (3)}$$

식 (3)의 해를 구하면 원의 중심 (a, b) 를 구할 수 있다.

3) 카메라 배율 및 활상소자 측정

마스터 판넬의 각 기준점 (Fiducial Hole)에는 Fig. 13과 같은 3개의 상관관계를 가지는 점으로 구성되어 있다. 각 카메라를 세팅 지점에 하나씩 올리고, 판넬 대차 위에 마스터 판넬을 올려놓고 X-Y-θ 테이블을 x1, x2 방향의 모터만을 움직이면서 여러차례 기준점의 거리를 측정하여 배율을 구한다.

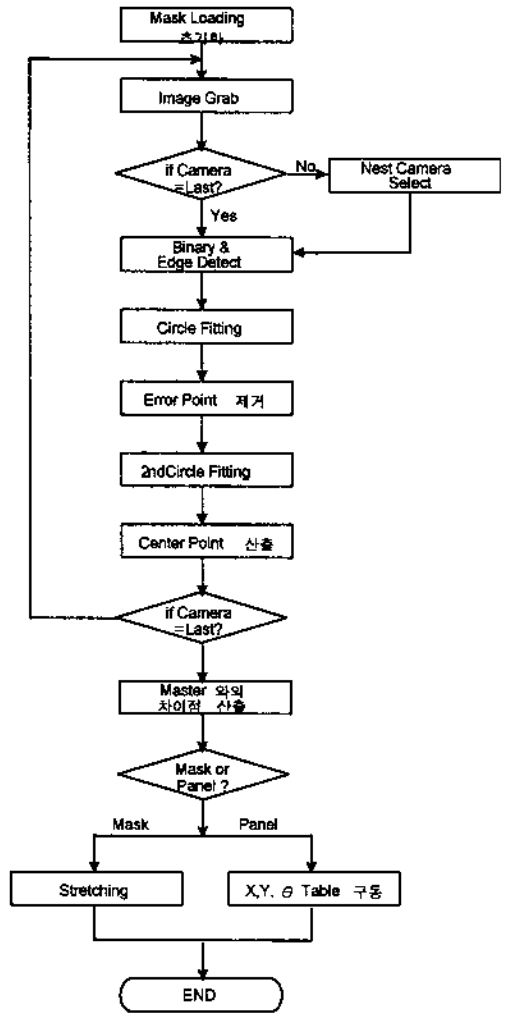
$$(mx1)_i^2 + (nx2)_i^2 = 178^2[\mu m]$$

여기서 m, n은 카메라 배율

판넬 카메라 : $m = n = 1.5 \mu m / \text{픽셀}$

마스크 카메라 : $m = n = 1.0 \mu m / \text{픽셀}$

<Fig. 13>에서 CCD 카메라가 마스터 판넬과 θ만큼 틀어진 서로 다른 축을 가질 때, 기구적으로 CCD 카메라 축을 맞출 수 있는 것은 한계가 있다. 이를 소프트웨어 적으로 보상하기



<Fig. 11> Flow Chart for Image Processing

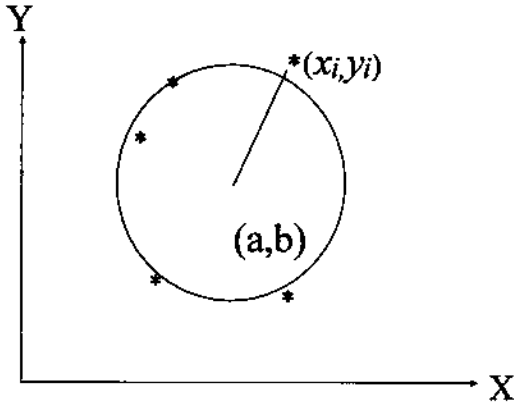
위하여 아래와 같은 방법을 사용하였다.

Ox_1x_2 좌표계에서 마스터 판넬축과 CCD 카메라의 축 보상은 $O\bar{x}_1\bar{x}_2$ 좌표계에서 한점의 좌표가 (\bar{x}_1, \bar{x}_2) 일때, Ox_1x_2 좌표계에서 그점의 좌표를 (x_1, x_2) 이라하면,

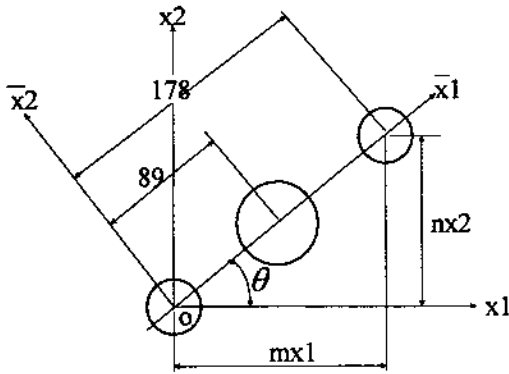
$$\bar{x}_1 = x_1 \cos \theta + x_2 \sin \theta \quad x_1 = \bar{x}_1 \cos \theta - \bar{x}_2 \sin \theta$$

$$\bar{x}_2 = -x_1 \sin \theta + x_2 \cos \theta \quad x_2 = \bar{x}_1 \sin \theta + \bar{x}_2 \cos \theta$$

이 된다.



(Fig. 12) Circle Fitting

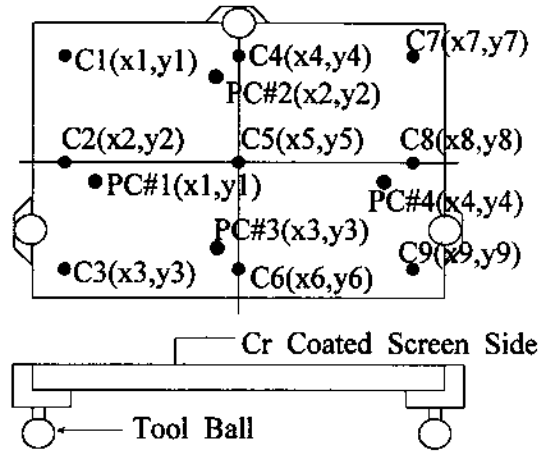


(Fig. 13) Geometry Transformation of Fiducial Point

3.2 조정

조정시 마스크 대차는 위치결정 원이 없으므로 마스크 대차를 기준으로 설정해서 판넬 대차를 조정해서 보상한다. 마스터 판넬은 Fig. 14에 나타난 바와 같이 판넬과 마스크의 오차를 최소화 하기 위해 하나의 판넬상에 동시에 마스크 스트레칭 목표점 $C_1(x_1, y_1), \dots, C_9(x_9, y_9)$ 의 정보와 판넬 카메라 $PC^{\#1}(x, y), \dots, PC^{\#4}(x, y)$ 에 대한 정보를 가지고 있으며 구성은 3개의 위치결정용 볼과 이소그래피 (Lithography) 기법에 의한 크롬 코팅된 인식점 13개를 가지며, 구멍의 가공 정도는 $\pm 3 \mu m$ 이다.

측정과 조정을 위한 전체 개념도를 Fig. 15에 나타냈다. 본 개념도에 의거 측정과 보상 방법을 설명하면 [6],



(Fig. 14) Master Panel

1) 반복성 확보

① 세팅 지그 (Null Fixture) 를 사용하여 1번 마스터 판넬과 16번 판넬용 그루브를 같은 조건으로 세팅한다.

② 1번 마스터 판넬을 14번 캘리브레이션 그루브 (Calibration Groove) 위에 놓은 후 작업 영역 (Working Area) 으로 마스크 대차를 이동시켜 6번 세팅 카메라 (Setting Camera) 4개중 1개를 캘리브레이션 기준으로 설정 한다.

③ 6번 세팅 카메라로, 1번 마스터 판넬의 한 기준점 (Fiducial Hole) 을 보면서, 반복 측정 하면서 9번 마스크 그루브 지지대/볼 (Mask Groove Support/Ball) 및 10번 판넬 그루브 지지대/볼 (Panel Groove Support/Ball) 을 $2 \mu m$ 의 반복정도를 가지도록 세팅한다.

④ 10번 페널그루브 지지대를 기준하여 1번 마스터 판넬을 판넬 대차 위에 로딩후 4번판넬 카메라와 11번 판넬 카메라 그루브 3개를 $2 \mu m$ 이내의 반복정도를 가지도록 세팅한다.

2) 카메라 축과 기구축 조정

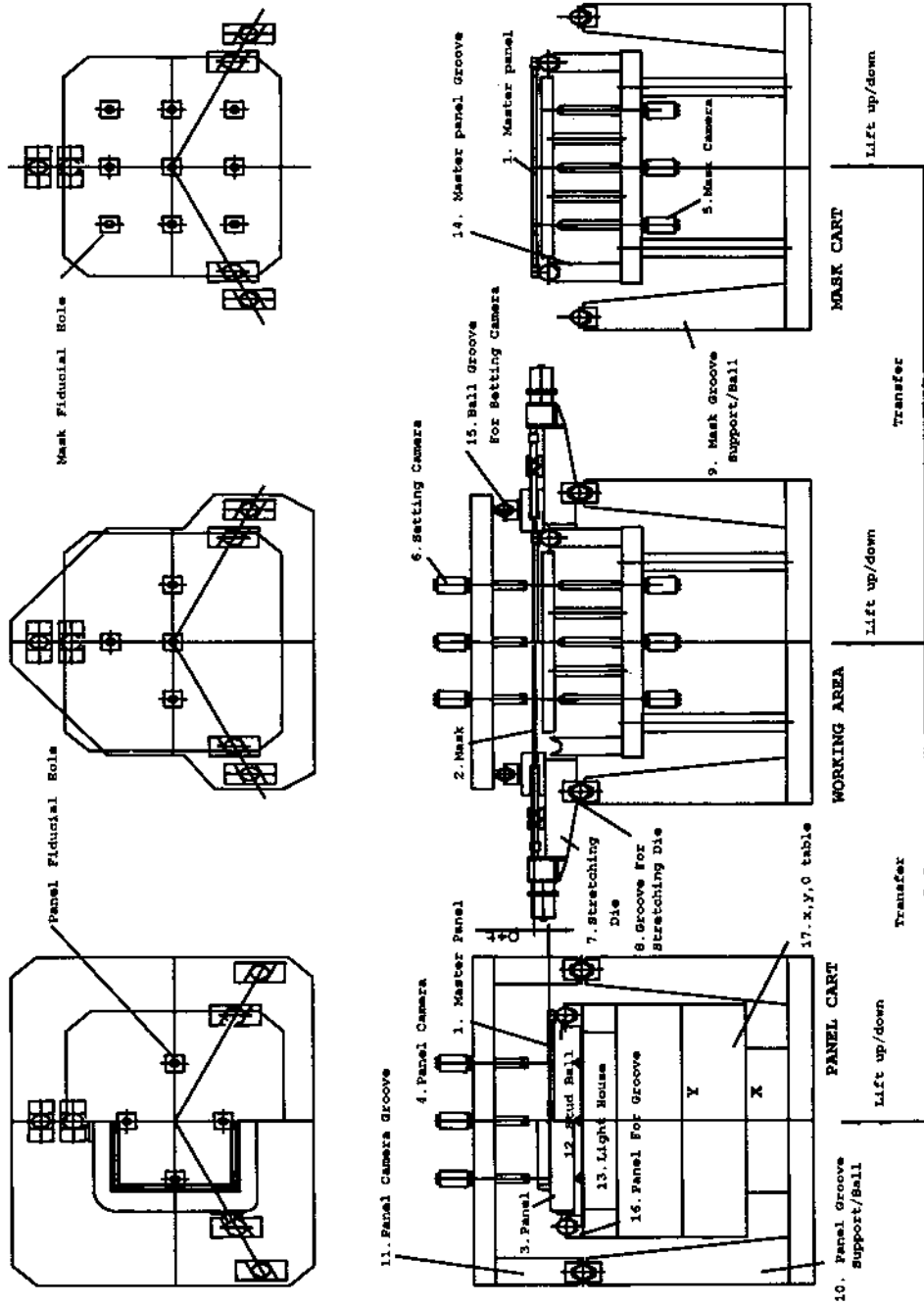
① 14번 마스터 판넬 그루브 위에 1번 마스터 판넬을 놓은 후 작업 영역 내로 이동 시킨다.

② 6번 세팅 카메라 4개를 마스터 판넬 기준으로 설치한다. 마스터 판넬에서 2점 C2, C8을 지나는 직선은

$$(y-y_2) = \frac{(y_2-y_1)}{(x_2-x_1)}(x-x_2) \tag{4}$$

이고,

2점 C4, C6를 지나는 직선은



〈Fig. 15〉 System Drawing for Calibration

$$(y-y_0) = \left(\frac{y_0-y_1}{x_0-x_1} \right) (x-x_0)$$

식 (5)

θ는 오차 성분을 최소화 하기위해 장변을 기준으로 구하면

이다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) \quad \text{식 (6)}$$

식 (4), (5), (6) 을 통해 두 직선이 만나는 중심점 $(X_{sc}, Y_{sc}, \theta_{sc})$ 를 구할 수 있다.

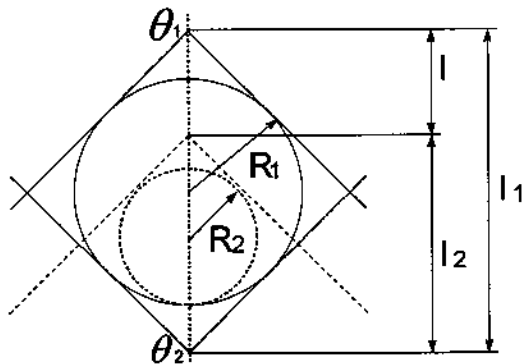
③ 판넬 대차의 16번 판넬용 그루브 위에 1번 마스터 판넬을 놓은 다음 작업 영역으로 이동한 후 1번 마스터 판넬 상의 마스크 카메라 정보 $C_i(x_i, y_i) | i = 2, 4, 6, 8$ 을 X, Y, θ 테이블을 조정하여 6번 세팅 카메라 가시 영역 (View Area) 내에 인식점들이 모두 들어오게 하고 $C_i(x_i, y_i) | i = 2, 4, 6, 8$ 을 측정하여 식 (3), (4), (5) 을 통해 $(X_{PC}, Y_{PC}, \theta_{PC})$ 를 구한다.

④ 판넬 대차가 작업 영역에 들어오면 6번 세팅 카메라와 1번 마스터 판넬 로딩시 쏫점 거리의 차이는 $Q+t$ 이다. 이 초점 거리를 보상하기 위해 초정밀 위치결정용 볼의 직경을 다르게 함으로써 보상을 할 수 있다.

Fig. 16에서 볼의 직경이 R_1 일 때의 높이는 l_1 이고, 볼의 직경이 R_2 일 때의 높이는 l_2 이므로 볼의 직경 차이에 의한 높이의 차가 초점거리의 차가 되는 관계식은 다음과 같다.

$$l = Q + t = l_1 - l_2 = (R_1 \cdot R_2) \sin \frac{\theta_1}{2} + \sin \frac{\theta_2}{2} \quad \text{식 (7)}$$

여기서 θ_1, θ_2 로 V그루브의 각도이고, Q는 제품에서 주어진 스크린과 마스크 사이의 간격으로 4.042mm 이며, t는 앞의 ③에서 구한 1.33mm 이므로 식 (7) 의 관계에서 볼의 직경 차이를 구한다.



〈Fig. 16〉 Focus Length Adjustment

⑤ θ 테이블의 요구 분해능이 $\theta = 0.0025^\circ$ 이므로 θ 테이블의 요구정도를 만족시키기 위해 마이크로 스테핑 모터는 아래와 같은 오차 요인을 가지므로, 이를 피드백 제어 (Feedback

Control) 에 의한 보상이 필요하다.

스테핑 가공 오차 : 0.0037

웜/피니언 (Warm / Pinion) 감속기 가공 오차 : 0.0037

기구적인 오차를 로터리 엔코더 (Rotary Encoder) 에 의한 피드백 시스템으로 구성하면 $\theta = \frac{360^\circ}{20000} \times \frac{1}{10} = 0.0018^\circ$ 까지 제어 가능하므로 제품요구 Spec.인 $\theta = 0.0025^\circ$ 의 정도를 만족시킬 수 있다. 여기서 20000은 Motor의 1회전당 Pluse수이며 10은 Warm & Pinion의 감속비를 나타낸다.

⑥ θ 테이블, 마스터 판넬 및 임의 판넬 중심을 일치시키기 위한 θ 테이블의 중심 보상 및 θ 의 보상 방법은 다음의 순서에 의한다.

- 1) 비 그루브 (Vee Groove) 위의 CCD 카메라를 5대 설치
- 2) n개의 임의의 판넬을 놓은 후 판넬의 임의의 산포군의 중심 $(x_{AP}, y_{AP}, \theta_{AP})$ 값 산출
- 3) 판넬의 무게중심 $(x_{CP}, y_{CP}, \theta_{CP})$ 을 마스터 판넬 중심 $(x_{PC}, y_{PC}, \theta_{PC})$ 으로 보상
- 4) θ 테이블을 회전시키면서 마스터 판넬 중심의 궤적을 구해 마스터 판넬의 x,y 좌표값을 X,Y 테이블을 이용하여 θ 테이블 중심으로 이동시켜 보상을 한다.

⑦ ②와 ③에서 구한 값의 차이 즉 $(X_{sc}, Y_{sc}, \theta_{sc}) - (X_{PC}, Y_{PC}, \theta_{PC})$ 를 판넬 대차의 X, Y, θ 테이블 값의 원점으로 잡으면 서로 다른 두 축은 보상된다.

⑧ 서로 다른 두 축의 보상이 끝나면 마스터 판넬을 이용하여 판넬 카메라 / 마스크 카메라를 기구적으로 카메라 가시 영역 (480 × 640) 내에 설치 한 후 측정값을 기준값으로 사용한다.

4. 결론

본 논문에서는 ICM 머신에서 판넬 대차와 마스크 대차와의 기계적 오차를 보상하는 방법에 대해서 고찰하였다. 기준이 다른 마스크와 판넬을 일치시키기 위하여 고배율의 광학계로 구성된 머신 비전 (Machine Vision) 을 이용하여 기준점을 측정했으며, 측정 데이터와 오프 셋 (Off Set) 값에 의해서 좌표를 설정하고 이동값을 산출했으며, 마스터 판넬에 의한 측정 결과의 보상과 X-Y- θ 테이블의 이동에 대한 소프트웨어의 보상을 적용하였다. 마스크 스테핑 정도, X-Y- θ 테이블 정도, 볼-그루브 위치결정 정도, 비전 시스템 측정 정도는 모두 목표를 만족하였다. 본 연구를 통하여 ICM 방식에 의한 스크린과 마스크의 일치 정도를 얻음으로써 FTM 튜브를 보다 간단

한 공정으로 제조할 수 있도록 하였으며, 두 축상에 존재하는 물품의 고정도 일치를 위한 방법을 개발하였다. 이 방식은 각각 다른 공정을 거치면서 가공된 물건을 머신 비전에 의한 비접촉식 측정으로 서로 일치시키기 위한 시스템에 적용할 수 있다.

본 연구 결과 최초의 목표는 달성되었으나 향후의 연구 방향으로는 시험 과정에 나타난 오차의 원인이 온도의 변화에 대한 영향으로 나타나 온도에 대한 자동 보상을 위한 시스템의 추가 방안이 연구되어야 한다. 또한 새로운 마스크를 적용하기 위해서는 스트레칭 구조가 바뀌게 되어 새로운 해석과 평가가 따라야 하므로 마스크 설계와 스트레칭 압 설계의 용이성을 위한 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

[1] 금성사 전자관설계실, 칼라브라운관 교본, 1987. 4.
 [2] 금성사 영상DISPLAY연구소, BRAUN관 기술교재, 1990. 12.
 [3] Richard W. Midland et al., Zenith Electronics Corporation, Glenview, Ill, "Optical Interrogation System for Use in Constructing Flat Tension Shadow Mask CRTs", United States Patent, Patent Number 5,145,432, Sep. 8, 1992.
 [4] Johann Steiner et al., Zenith Electronics Corporation, Glenview, Ill, "Method and Apparatus for Stretching Interchangeable Tension Masks in Color Cathode Ray Tubes", United States Patent, Patent Number 5,162,008, Nov. 10, 1992.

[5] Richard J. Duchek et al., Zenith Electronics Corporation, Glenview, Ill, "System for Registering and Assembling Tension Masks and CRT Face Plate", United States Patent, Patent Number 5,167,558, Dec. 1, 1992.
 [6] 윤종순, "FTM 튜브 제조를 위한 ICM 시스템에서 패널과 마스크의 일치 방법", 석사학위논문, 창원대학교 산업대학원, 1997.



윤종순

현재 LG전자(주) 생산기술센터 책임 연구원으로 재직중이며, 부산대학교 전기공학과에서 학사 (1984), 창원대학교 산업공학과에서 석사 (1997) 학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 process 제어, 공장자동화, 생산시스템 등이다.



정종윤

현재 창원대학교 산업공학과 부교수로 재직중이며, 한양대학교 산업공학과에서 학사 (1980), 미국 Ohio State University 산업공학과에서 석사 (1987), 미국 West Virginia University 산업공학과에서 박사학위 (1991)를 취득하였다. 주요 관심분야는 CAD/CAM, CAPP, CIM 등이다.

97년 7월 최초접수, 98년 3월 최종수정