

고정도, 초박형 Alignment Stage 개발

*김지성¹, 황진동¹, 김명수², 유재천³, 안중환⁴

¹ 부산대 대학원 지능기계공학과, ² KNJ Precision Tech., ³ 한독정공, ⁴ 부산대 기계공학부

Development of the Thin-Typed Alignment Stage for Fine Positioning

*J. S. Kim¹, J. D. Hwang¹, M. S. Kim², J. C. Yoo³, J. H. Ahn⁴

¹ Dept. of Mech. and Intel. sys. Eng., Pusan Univ., ² KNJ Precision Tech., ³ Handok Precision Ind., ⁴ Dept. of Mech. Eng., Pusan Univ.

Key words : Alignment stage, xyθ stage, Fine stage

1. 서론

xyθ alignment stage는 LCD, PDP의 합착공정에 사용되는 Alignment 시스템을 구성하는 핵심 정밀기계 부품이다. 최근 들어 LCD, PDP의 고성능화, 반도체, PCB의 고밀도화가 진전됨에 따라 이들 공정에 사용되는 설비의 고정도화가 요구되며 이에 따라 고정도 alignment 기술을 구현하는 고정도 xyθ alignment stage의 개발에 대한 필요성이 점차 증가하고 있다. 합착공정은 TFT-LCD, PDP 제조 공정의 필수 공정 중 하나로 각각 제작된 TFT 기판과 컬러 필터를 정렬(alignment)하여 접합하는 공정으로 정렬 정도는 보통 수 마이크로미터의 정도의 정밀도를 요구한다. 이때 접착시 정렬 오차를 벗어난 상태에서 합착이 이루어지면 기판의 오염이나 입자의 유입이 일어나 불량 발생하게 되며 이로 인해 일어나는 불량 발생이 전체 제품 불량 원인 중 큰 부분을 차지한다. 따라서 합착 공정시 고정도 정렬(alignment) 기술의 확보가 중요하며 최근 액정 디스플레이 산업의 고정도 고밀도 대형화 공정에서의 정렬정도는 합착장치에 사용되는 xyθ alignment stage의 성능에 의해 크게 좌우된다.

현재 alignment stage에 대한 연구가 해외뿐만 아니라 국내에서도 활발히 진행되고 있는 상태다. 강중옥 등⁽¹⁾은 유연힌지(Flexure hinge)와 압전소자(Piezoelectric actuator)를 이용하여 초정밀 스테이지를 제작하였으며, 한주훈 등⁽²⁾은 전동 리니어 액추에이터를 스테이지에 점접촉하도록 하여 xyθ의 구동을 하는 병렬형 xyθ stage를 구현하였다. 박희재 등⁽³⁾은 진공환경에서 사용할 수 있는 alignment system 개발을 목적으로, 구동기구를 alignment chamber에 구축하여 링크구조를 통해 3자유도의 평면운동을 얻을 수 있게 하였다. 또한, 스테이지 구동에 필요한 머신비전 이론도 활발히 연구되어, 신동원⁽⁴⁾, 김형태 등⁽⁵⁾은 두개의 CCD 카메라를 이용한 비전시스템을 통해 자동정렬 및 위치 보정에 관한 연구하였다. 이밖에도 설계 및 제작, 정렬 이론에 관한 많은 연구가 진행 중이다.

본 연구에서 개발하고자 하는 고정도, 초박형 xyθ alignment stage는 구동기가 직접 하중을 받지 않는 구조로 설계하여 하중 변화에 관계없이 항상 안정된 위치정도를 유지할 수 있으며, xyθ를 각각 구동하는 3개의 모터를 동일 평면상에 배치하도록 하여 초박형을 실현하며, 운동 메커니즘이 간단하여 정밀한 제어 가능한 스테이지를 개발하고자 한다.

2. 스테이지의 설계 및 제작

초박형 구조의 스테이지 설계를 위해서는 한 평면상에서 xyθ가 각각 운동을 일으키고, 정하중뿐만 아니라 편하중에 의한 변형에도 강인한 구조적 특성을 가질 필요가 있다. 기존의 alignment stage의 경우 적층구조와 샌드위치 구조의 두 타입으로 이루어져 있다. 적층형의 경우에는 인장과 편하중에 대한 취약점을 가지며 초박형의 어려운 문제가 있다. 또한 샌드위치형의 경우에는 적층구조에 비해서는 박형이 가능하나 대면적의 패널을 위한 초박형의 한계를 가진다.

개발하고자 하는 초박형 alignment stage의 경우 적층구조와 샌드위치 구조를 개선한 구조로써 두가지의 구조보다 인장, 압축은 물론 편하중에도 강인한 구조이다. alignment stage 개념도(그림1)에서 볼 수 있듯이 상판과 하판 사이에 steel ball이 삽입되어

인장과 압축을 지지할 수 있도록 설계되었다. 압축을 지지하기 위한 부분은 스테이지의 가운데에 위치하고, 인장을 위한 부분은 스테이지의 사면에 배치됨으로써 한 평면상에서 압축과 인장을 받을 수 있는 구조이다. 따라서 기존의 스테이지보다 초박형이 가능하며, 편하중에 강한 구조로 설계되어, 대형 LCD와 같은 대면적 패널에서도 좋은 성능의 alignment가 가능하다. (Fig 1) 또한 저출력의 액추에이터를 사용가능하므로 에너지 세이빙 효과를 가진다.

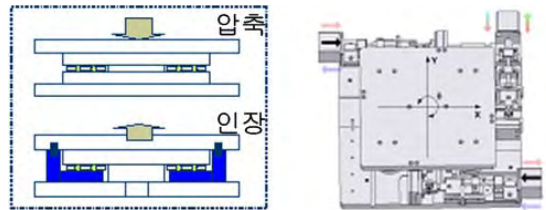


Fig. 1 Structure of proposed alignment stage

스테이지의 구동부는 3개의 스텝모터-볼스크류로 이루어져 있다. 각 볼스크류에 연결된 여러 전달 기구를 통해 직선운동을 하는 액추에이터가 스테이지에 연결되어 있다. (Fig 2) 이 3개의 액추에이터가 xyθ의 자유도를 가자도록 수평방향으로 두개, 수직 방향으로 한 개를 설치한다. 병진 운동의 경우, 수평방향으로는 마주보는 두개의 액추에이터가 구동하며, 수직방향으로는 하나의 액추에이터가 구동된다. 회전 운동의 경우, 독립적으로 구동되는 병진 운동의 경우와 달리 회전중심으로 부터의 상대적인 거리에 따른 각 액추에이터의 구동으로써 구현된다. 스테이지 내부에는 스테이지의 초기 위치설정을 위해 각 전달기구에 photomicro sensor를 장착하여 구동전의 초기위치를 인식하도록 하였다.

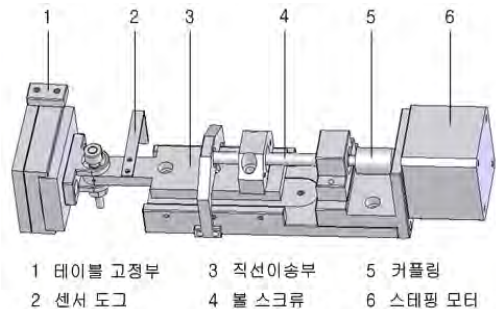


Fig. 2 Structure of a linear actuator

3. 스테이지의 기구학적 분석

우선 스테이지의 구성 특성을 알아보기 위해 스테이지의 구동부를 간략히 나타내었다. (Fig 3) 여기서 A₁, A₁'는 면베어링과 볼스크류의 연결점이고, A₂, A₂', A₂"는 면베어링 내에 접하는 점이다. M은 stage의 회전중심, O(0,0)는 절대좌표의 영점이다. Fig 4는 스테이지가 (x₀, y₀, θ)의 구동했을 때 한축에 관한 모습을 나타낸다. 이 경우 주어진 정보를 통해, 회전 전 후의 접점에 의한 기울기에 의해 구동량을 결정할 수 있다. 구속 조건식

은 다음과 같다. (단, $Rot(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$)



Fig. 3 Schematic diagram of proposed alignment stage

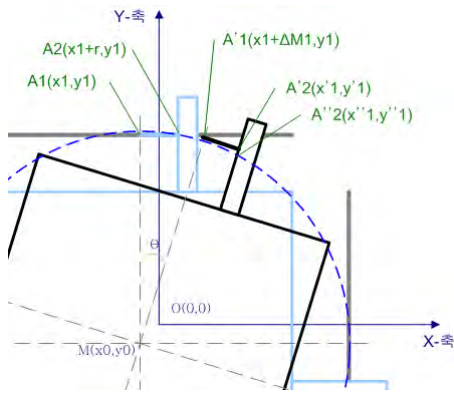


Fig. 4 Movement of points on stage

우선, 다음과 같은 방법으로 A_2' , A_2'' 를 구한다.

$$A_2' = Rot(-\theta) \begin{pmatrix} x_1 + r - x_0 \\ y_1 - y_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} (x_1 + r - x_0) \cos(-\theta) - (y_1 - y_0) \sin(-\theta) + x_0 \\ (x_1 + r - x_0) \sin(-\theta) + (y_1 - y_0) \cos(-\theta) + y_0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$A_2'' = Rot(-\theta) \begin{pmatrix} r \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_1 + \Delta M_1 \\ y_1 \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} x_1 + \Delta M_1 + r \cos(-\theta) \\ y_1 + r \sin(-\theta) \end{pmatrix} \quad (2)$$

두 점점 A_2' , A_2'' 간의 기울기는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tan(90 - \theta) = \frac{(x_1 + r - x_0) \sin(-\theta) + (y_1 - y_0) \cos(-\theta) + y_0 - \{y_1 + r \sin(-\theta)\}}{(x_1 + r - x_0) \cos(-\theta) - (y_1 - y_0) \sin(-\theta) + x_0 - \{x_1 + \Delta M_1 + r \cos(-\theta)\}} \quad (3)$$

따라서 회전 변위에 의한 모터의 이송량 ΔM_1 (θ)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta M_1(\theta) = (x_1 - x_0)(\cos\theta + \sin\theta \cdot \tan\theta - 1) - (y_1 - y_0) \tan\theta \quad (4)$$

최종 모터의 이송량은 병진과 회전의 합이 된다. 이러한 과정을 통해 나머지 두 축에 관해 이송량을 구해보면 다음과 같다.

$$\Delta M_1 = (x_1 - x_0)(\cos\theta + \sin\theta \cdot \tan\theta - 1) - (y_1 - y_0) \tan\theta + x_0 \quad (5)$$

$$\Delta M_2 = -(x_2 - x_0) \tan\theta + (y_2 - y_0)(1 - \cos\theta - \sin\theta \cdot \tan\theta) - y_0 \quad (6)$$

$$\Delta M_3 = (x_3 - x_0)(1 - \cos\theta - \sin\theta \cdot \tan\theta) + (y_3 - y_0) \tan\theta - x_0 \quad (7)$$

4. 시뮬레이션 및 구동 실험

제작된 스테이지의 정밀도 측정을 위하여, Hewlett-Packard사의 레이저 인터페로미터(분해능 10nm)를 이용하여 성능평가를 수행하였다. X축, Y축 모두 0~14mm의 stroke에서 1mm씩 이송시키면서 반복 실험하였다.

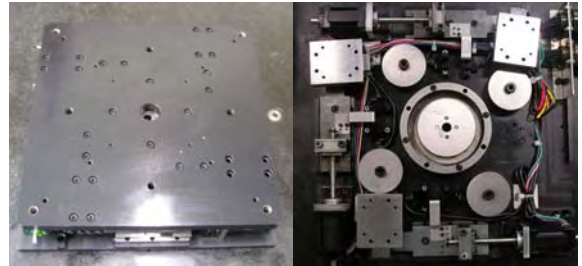


Fig. 5 Developed Alignment Stage

Table 1 Comparison of measured roughness data

	X axis	Y axis
Stroke	0~14mm	0~14mm
Repeatability	±0.350 μ m	±0.600 μ m
Lost motion	1.13 μ m	±86.25 μ m

5. 결론

본 연구에서는 적층형과 샌드위치 형을 개선하여 고정도 초박형의 alignment stage를 설계 및 제작하여 실제 구동해 보고 성능을 검증해 보았다. 스테이지 내부에는 인장부와 압축부를 두어 인장 및 압축뿐만 아니라 편하중까지 고려할 수 있도록 하였고, 스텝모터-볼스크류를 이용하여 정밀한 이송을 가능하게 하였다. 구동 특성을 파악하여 스테이지의 기하학적인 관계를 유도하여 각 축의 모터 이송량 식을 유도하였다.

또한 제작된 alignment stage의 구동 실험을 통해 스테이지의 성능(반복정밀도, Lost motion)을 평가해 보았다. 반복정밀도의 경우 ±0.350 μ m, ±0.600 μ m 이내, Lost motion의 경우 1.13 μ m, 86.25 μ m 이내로 나왔다. X축에 비해 Y축의 성능이 떨어지는 결과가 나타났는데, 이것은 축 간의 비대칭성에 의한 것으로 추정된다. 향후 액추에이터의 추가 혹은 구동 구조의 변경을 통해 보완할 수 있으리라 생각된다.

후기

이 연구는 "지역산업진흥사업 지역특화기술개발사업" 중 "액정 디스플레이 압착공정을 위한 Alignment Stage(xy θ) 개발" 과제로 수행되었습니다.

참고문헌

- 강중욱, 백석, 한창수, 홍석옥, "초정밀 3축 이송 스테이지의 개발," 한국정밀공학회지, Vol 21, No.3, 2004
- 한주훈, 오춘석, 류영기, "고정밀 위치 제어용 병렬 xy θ 테이블 설계 및 구현," 전자공학회논문지-S 제36권 7호, 1999. 7
- 박희재, 박종호, 한상진, "진공용 3 자유도 얼라인먼트 스테이지 개발," 한국정밀공학회 2000년도 추계학술대회 논문집 pp.551~554
- 신동원, "머신비전을 이용한 PCB 스크린인쇄기의 정렬오차 측정 및 위치 보정 (1)," 한국정밀공학회지, Vol 20, No.6, 2003
- 김형태, 송창섭, 양해정, "반도체 절단 공정의 웨이퍼 자동 정렬에 관한 연구," 한국정밀공학회지, Vol 20, No.12, 2003