

# CAE를 이용한 Visual Alignment System의 진동해석 연구<sup>#</sup>

## A Study on the Improvement of Vibration Analysis of Visual Alignment System Using CAE Method

이 승 윤\* · 김 성 래\* · 정 재 일\*\* · 임 홍 재†

Seung Yoon Lee, Sung Rae Kim, Jay I. Jeong and Hong Jae Yim

(2009년 5월 21일 접수 ; 2009년 7월 10일 심사완료)

**Key Words :** Natural Frequency(고유진동), Visual Alignment System(비주얼 얼라인먼트 시스템), Micro Frequency(미세 진동), Topology Optimization(위상 최적화)

### ABSTRACT

Vibrational analysis is presented for a visual alignment system of nano-imprint process in this study. For a nano-imprinting equipment, the visual alignment system is one of the essential parts in order to align the mold into the target panel. For the precision alignment, the vibration from inside and outside of the vision system should be avoided, and the elimination of the vibration should be considered in the design process of the visual alignment design. In this work, vibrational characteristics for the vision system frame is analyzed and topology optimization of a frame section area is carried out. With the results of the analysis, a new frame design are suggested. Design consideration for constructing a visual alignment system in view of optimal design is also discussed.

### 1. 서 론

최근 포토 리소그래피를 대체할 수 있는 기술로 반도체 분야에서 각광받는 나노 임프린팅 기술은 공정 장비의 해외 의존도가 높아 국내의 장비기술 개발이 시급한 실정이다<sup>(1)</sup>.

비주얼 얼라인먼트 시스템은 나노 임프린팅 공정 중 몰드와 기관간의 정렬 오차를 실시간으로 측정하는 비전 시스템과 정렬 오차를 보정하는 스테이지 제어기술로 이루어진 시스템을 말한다. 특히 비전 시스템의 경우 마이크로 진동에 민감한 정밀 계

측 기구이기에 마이크로 진동문제를 해결하는 것이 큰 주제로 대두되고 있다<sup>(2,3)</sup>.

마이크로 진동문제를 해결하기 위해 비주얼 얼라인먼트 시스템은 고강성의 설계가 필요하다. 또한 비주얼 얼라인먼트의 설치가 이루어지는 방진판에는 올릴 수 있는 무게의 제약이 있기 때문에 시스템 전체의 무게를 가볍게 해야 한다.

이 연구에서는 비주얼 얼라인먼트 시스템의 설계를 위해 비전 시스템의 프레임 형상을 변화시키며 고유진동해석을 수행한다. 또한 형상최적설계 프로그램을 통해 프레임의 형상을 제시하여 이를 비교 연구하며 추후 비주얼 얼라인먼트 시스템의 개발시 고려할 수 있도록 하고자 한다.

### 2. 비주얼 얼라인먼트 시스템의 배경과 구성

#### 2.1 비주얼 얼라인먼트 시스템의 배경

일반적으로 비주얼 얼라인먼트 시스템은 반도체

† 교신저자 ; 정회원, 국민대학교 기계자동차 공학부

E-mail : hjyim@kookmin.ac.kr

Tel : (02)910-4688, Fax : (02)910-4688

\* 국민대학교 자동차 전문대학원

\*\* 국민대학교 기계자동차 공학부

# 이 논문은 2009 춘계 소음진동 학술대회에서 우수논문으로 추천되었음.

공정이나 디스플레이 공정에서 몰드와 기판, 혹은 마스크와 패널 사이의 미세정렬공정에 사용된다. 한번의 정렬로 끝나는 것이 아니라 각 공정마다 요구되는 미세정렬을 만족시켜야 하기에 정확한 정렬은 매우 중요하다 할 수 있다<sup>4)</sup>.

비주얼 얼라인먼트 시스템은 Fig. 1과 같이 몰드

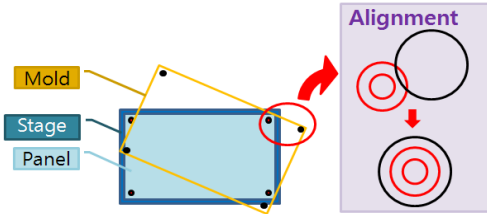


Fig. 1 The process of visual alignment

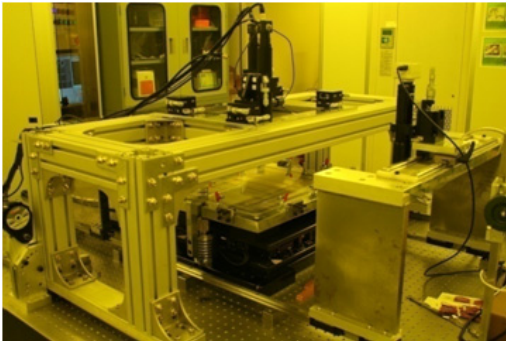


Fig. 2 Visual alignment system of imprinting system

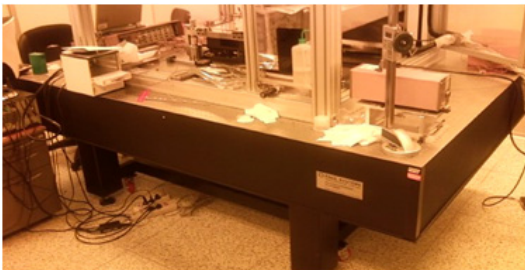


Fig. 3 Optical table

Table 1 Visual alignment system setup

Component name	Model
Vision camera	XC-HR70
Stage	HEPHAIST NAF3C-40P
Linear guide	HIWIN EG25

와 기판의 양쪽 코너에 특정한 마크를 새겨 넣고 카메라를 통해 들어온 마크 영상으로부터 두 마크의 중심점을 계산한 후 중심점의 차이를 이용해 정렬오차를 계산한다. 그 후 스테이지 제어를 통해 몰드와 기판을 정렬하게 된다. 이때, 카메라를 통해 마이크로 단위의 마크영상을 취득하기 때문에 외란이나 노이즈에 민감한 단점이 있다.

## 2.2 비주얼 얼라인먼트 시스템의 구성

비주얼 얼라인먼트 시스템을 포함한 나노 임프린트 장비는 반도체나 디스플레이 공정상 미세먼지가 차단된 작업환경이 필요하고 UV를 받으면 경화되는 레진의 특성상 UV가 차단된 작업환경이 필요하다. 따라서 모든 장비는 UV영역의 빛이 차단된 형광등이 설치된 클린룸에 설치되는 것이 보통이다.

비주얼 얼라인먼트 시스템은 크게 비전시스템과 스테이지로 구성되며, 비전시스템은 Fig. 2와 같이 정렬을 확인하는 카메라부와 카메라를 지지하는 프레임으로 구성된다. 프레임은 x축 방향 운동이 가능한 리니어 가이드 위에 고정되어 있으며, 이 모든 장비는 Fig. 3과 같이 외부의 가진을 차단하는 방진판 위에 설치되어 있다. 이상을 3D CAD Tool을 이용하여 Fig. 4와 같이 모델링 하였다. 또한 각 부의 구성내용은 Table 1과 같다.

## 3. 비주얼 얼라인먼트 시스템의 고유진동 해석

### 3.1 사각 단면 프레임

비주얼 얼라인먼트 시스템에서 카메라를 지지하는 프레임의 진동은 계측 오차와 직결되는 매우 중요한 문제이다. 그렇기에 카메라를 지지하고 있는 프레임의 동강성 해석은 필수적이라 할 수 있다.

먼저 Table 2에 나타난 물성치를 가지는 Fig. 5와 같은 유한요소모델을 만들고 사각 단면의 폐쇄된 내부를 지니도록 모델링 하였다. 전체 element의 개수는 282,800개이며 각 mesh의 size는 5 mm, 형상은 quad로 mesh하였다. 프레임이 레일에 고정되어있는 상황을 고려해 레일과 결합되는 부분을 고정시키고 정규모드 해석을 수행하여 해석 결과로서 Fig. 6과 같이 굽힘 모드 155.69 Hz, 비틀림 모드 277.57 Hz를 확인하였으며 전체무게는 96.19 kg이다.

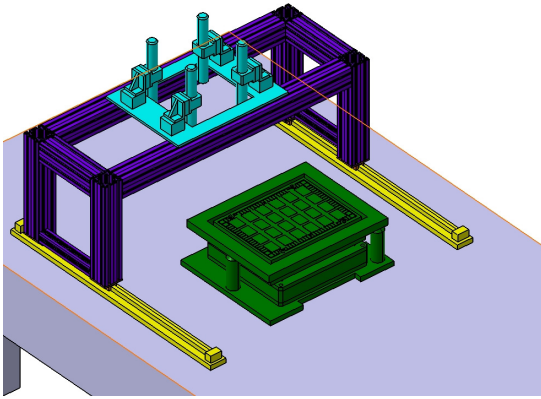


Fig. 4 Visual alignment system

Table 2 Material properties of frame

Material	Aluminum
Young's modulus	68900 N/mm <sup>2</sup>
Poisson's ratio	0.33
Density	2.71 × 10 <sup>-9</sup> g/mm <sup>3</sup>

### 3.2 단면 형상 최적 설계

비주얼 얼라인먼트 시스템은 외부의 가진을 차단하기 위해 방진판 위에 설치된다. 보통 사각 단면 프레임이 비주얼 얼라인먼트 시스템의 카메라 프레임

Table 3 Setup optimal design condition

Objective to	Minimize to mass
Constraints to	Max displacement < 0.004
Design variables	The density of each element in the design space

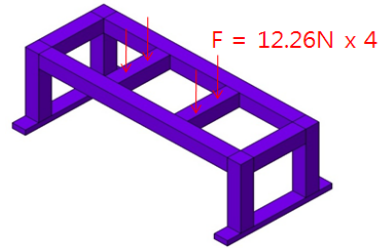


Fig. 7 Setup optimal design of square section frame

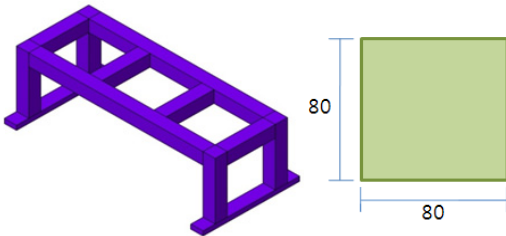
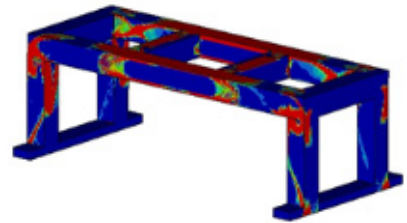
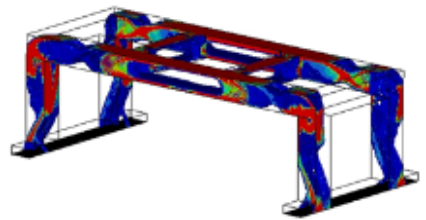


Fig. 5 Square section of frame



(a)



(b)



(c)

Fig. 8 Topology optimization of frame; (a) the result of optimization, (b) 50 % mass (c) section cut view

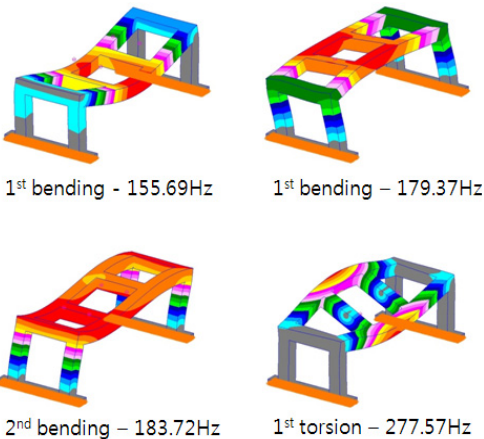


Fig. 6 Normal mode analysis of square section frame

임으로 일반적으로 사용되는데 방진판에는 올릴 수 있는 무게가 제한적이어서 전체의 무게를 줄이며 강성을 유지하는 형상최적설계의 과정이 필요하다.

사각 단면 프레임을 형상최적설계 하기 위해서 상용 위상최적설계 프로그램을 사용하였으며 Table 3과 Fig. 7의 조건으로 형상 최적 설계한다.

형상최적설계의 결과는 Fig. 8과 같이 나타난다. 5 kg의 카메라의 무게를 분산시켜 프레임의 네 부분에 무게를 가했을 때, 가운데 프레임에 중공이 형성되며 질량이 제거되는 것을 알 수 있다. 또한 양 끝의 리니어가이드와 고정되는 부분 역시 질량이 상당부분 제거되는 것을 알 수 있다.

형상최적설계의 결과는 상당히 복잡한 모습을 나타낸다. 이러한 복잡한 모습을 실제로 제작하기가 어렵기 때문에 형상최적설계의 결과를 반영한 다른 단면을 고려해야 한다. 시중에서 구입이 쉬운 I beam의 경우 사각단면과 달리 중앙부의 질량이 상당히 제거된 모양으로 프레임 모양으로 조립 시 형상최적설계의 결과를 반영하여 프레임을 설계할 수 있다.

### 3.3 I 단면 프레임

I 단면 프레임은 사각 단면 형상최적설계의 결과

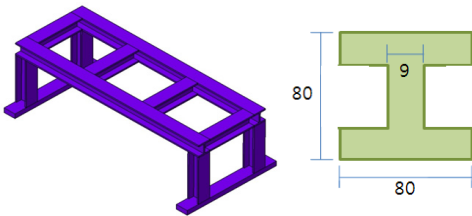


Fig. 9 I section of frame

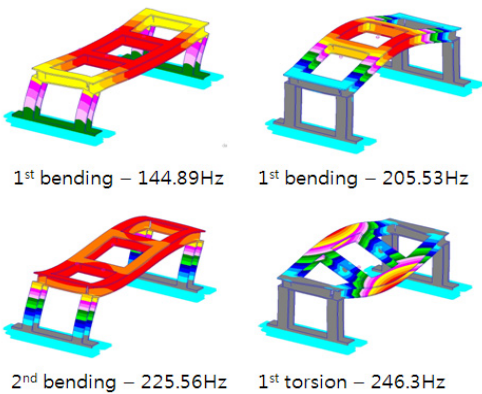


Fig. 10 Normal mode analysis of I section frame

를 반영한 프레임이다. 형상최적설계의 결과를 반영하여 I 단면의 beam을 이용하여 Fig. 9와 같이 프레임을 구성하였다.

I 단면 프레임은 형상최적설계의 결과를 그대로 구성한 프레임이 아니라, 그 결과를 반영한 프레임이기에 검증의 과정이 필요하다. 레일에 고정된 것으로 경계조건을 주고 새 프레임의 고유진동해석을 수행한 결과 Fig. 10과 같이 굽힘 모드 144.89Hz, 비틀림 모드 246.3 Hz의 결과를 얻었다. 이는 원래의 사각 단면 프레임의 고유진동 해석과 비교했을 때 약간의 차이를 나타냄을 알 수 있다.

이러한 모드의 차이는 전체 질량 감소로 인한 것이라 생각할 수 있다. 사각 단면 프레임과 I단면 프레임의 전체 질량을 비교해 보았을 때 사각단면 프레임의 총 질량은 96.19 kg인 반면, I 단면 프레임의 총 질량은 35.26 kg으로 약 63 % 감소한 것을 알 수 있다.

### 3.4 프로파일 단면 프레임

I 단면 프레임은 초기의 사각 단면 프레임보다 가벼운 질량과 그와 비슷한 고유진동수를 고려했을 때 초기의 사각단면 프레임을 대체할 만한 프레임으로 고려할 만하다.

하지만 I 단면 프레임의 경우 보통 조립 시 용접을 하게 되는데, I beam을 용접하여 프레임을 구성할 경우 수평이 미세하게 틀어지는 등의 문제가 발생할 수 있다. 전체의 정렬을 확인하는 시스템에 있어 수평 오차는 정렬을 저해하는 요소로 작용할 수 있다. 이렇듯 I 단면 프레임은 하나하나 조립하기가 쉽지 않을 뿐만 아니라 추후 프레임의 구조변경 시 구조변경이 용이하지 않다는 단점이 있다.

이와 같은 단점을 개선하기 위하여 주변에서 구입과 조립이 용이한 알루미늄 프로파일을 이용하여 프레임을 구성하였다. 알루미늄 프로파일의 물성치는 Table 4와 같고 단면의 형상과 프레임의 모양은

Table 4 Properties of Aluminum profile

Size	80×80 8 mm series
Property	A6NO1S-T5
Cross section	19.8417 cm <sup>2</sup>
Mass for meter	5.36 kg/m
Geometrical moment of inertial	I <sub>x</sub> , I <sub>y</sub> = 143.329 cm <sup>4</sup>

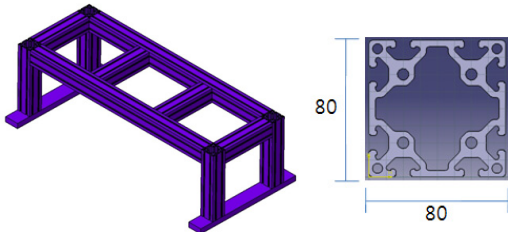


Fig. 11 Profile section of frame

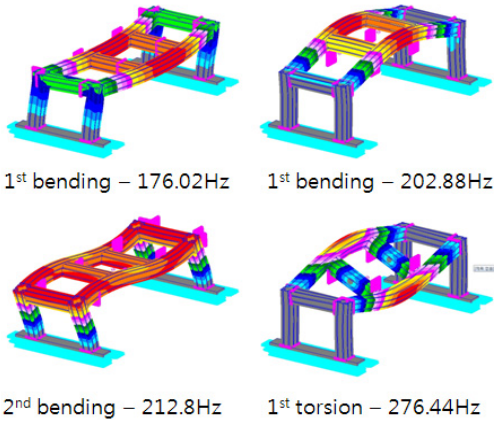


Fig. 12 Normal mode analysis of profile section frame

Fig. 11에 나타내었다.

알루미늄 프로파일로 구성된 프레임의 고유진동 해석을 수행한 결과는 Fig. 12와 같이 굽힘 모드 176.02 Hz, 비틀림 모드 276.44 Hz로 나타났으며, 총 질량은 38.97 kg으로 나타났다.

프로파일 단면 프레임의 경우 질량이 사각 단면 프레임에 비해 약 65% 감소된 것을 알 수 있고, I 단면 프레임과 비교해 굽힘 모드의 강성 값이 크게 개선되고 비틀림 모드의 강성 값은 유사한 것을 알 수 있다. 외부의 미세진동을 카메라로 전달시키지 않고 가벼운 무게를 지녀야 하는 카메라 지지 프레임에 있어서 이상의 결과는 매우 중요하다 할 수 있다. 그렇기에 이를 토대로 프로파일 단면 프레임을 비주얼 얼라인먼트 시스템의 카메라 지지 프레임으로 최종 설계 하였다.

#### 4. 결 론

이 연구에서는 비주얼 얼라인먼트 시스템의 카메

라 프레임의 유한요소 모델을 생성하고 고유진동 해석을 수행하였다.

최적의 단면을 설정하기 위하여 형상최적설계 프로그램을 이용하여 질량과 처짐을 최소화 하면서 강성을 확보하는 최적설계의 과정을 검토하였으며 최적설계의 결과를 반영하여 최종적으로 시스템에 적용할 프레임의 단면 형상을 결정하고 실제 카메라 지지 프레임의 설계에 적용하였다.

이 연구를 통하여 나노 임프린팅 장비를 개발하는데 있어 중요한 진동문제에 대하여 기본적인 접근을 할 수 있었다. 실제 비주얼 얼라인먼트 시스템의 고유진동 해석을 통해 공진 주파수가 일어 날 수 있는 영역을 예상할 수 있었다.

#### 후 기

이 논문은 서울 산학연 협력사업의 지원으로 작성되었음. (과제번호 10583)

#### 참 고 문 헌

- (1) Kang, M. S., Yang, H. J., Yim, H. J., Jang, S., Jeong, J. I., Shin, D. H. and Lee, K. S., 2006, "Structural Analysis and Multi-body Kinematic and Dynamic Analysis of a Nano-imprinting Machine Using CAE Method," Proceedings of the KSME Annual Autumn Conference, p. 23.
- (2) Lee, J. S., Jeong, J. I. and Yim, H. J., 2008, "A Study on the Improvement of Vibration Analysis of Machine Vision System Using CAE Method," Proceedings of the KSME Annual Spring Conference, pp. 137~142.
- (3) Kim, S. R., Lee, J. S., Lee, J. W., Jeong, J. I., Yim, H. J., 2008, "Optimal Design for Frame Shape of Machine Vision System Using CAE," Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 54~55.
- (4) Park, C. S., 2007, "Development of a Geometric Pattern Matching Algorithm for Visual Alignment System," The Graduate School of Korea Aerospace University, A Master's Thesis.