

# 레이저 진동 측정기를 이용한 초음파 이송 시스템의 동작특성에 관한 연구

정상화\*, 신병수\*\*, 이경형\*\*

## A Study on the Motion Characteristics of the Ultrasonic Transport System using Laser Scanning Vibrometer

Sanghwa Jeong\*, Byungsu Shin\*\*, KyoungHyoung Lee\*\*

### Abstract

In the semiconductor and the optical industry a new transport system which can replace the conventional sliding system is required. These systems are driven by magnetic field and conveyer belt. The magnetic field damages semiconductor and contact force scratches the optical lens. The ultrasonic wave driven system can solve these problem. In this paper, the vibration behavior of flexural beam in the ultrasonic transport system is verified using Laser Scanning Vibrometer. The experiments for verifying vibration are performed in three conditions such as in the maximum transport speed, in the zero speed, and in the change of transport direction.

**Key Words :** Object transport system (물체이송장치), Laser scanning vibrometer (레이저진동측정시험기), Ultrasonic wave generator (초음파발생장치), Excitation frequency (가진주파수), Phase-difference (위상차), Progressive frequency (진행주파수), Flexural beam (탄성빔)

### 1. 서론

현대 산업에서는 이송되는 물체에 손상이 없고, 물체의 특성을 최대한 고려한 이송시스템이 요구된다. 또한 생산성 향상과 생산 자동화를 위해 보다 빠르고, 보다 정밀한 성능이 추가로 요구되고 있다. 초음파를 이용한 이송시스템은 기존의 대표적인 이송시스템인 컨베이어 방식의 이송시스템에 비하여 정밀하고 손상에 민감한 부품들의 이송에 적합한 좋은 특성을 가지고 있다. 최근에는 반도체 및 광산

업이 발달함에 따라 자기에 영향을 받는 반도체 부품이나 접촉력에 따라 표면손상을 일으키는 광소자들을 결함 없이 이송하기 위한 새로운 시스템의 개발이 요구되고 있다. 접촉력에 의한 렌즈표면 손실, 자기에 의한 전자적 배열의 손상으로부터 안전한 이송방법이 바로 초음파 여기를 이용한 이송방법이다. 초음파를 이용한 구동기에 대한 연구는 1980년 말부터 미국과 일본을 중심으로 진행되고 있다.<sup>(1)</sup> 그리고 최근에 이송하고자 하는 물체를 직접 초음파로 여기 하여 이송하는 방식이 활발히 연구중에 있으나<sup>(2)</sup>

\* 정상화, 조선대학교 기계공학과 (shjeong@chosun.ac.kr)  
주소: 501-759 광주시 동구 서석동 375

\*\* 조선대학교 대학원 기계공학과

아직 실용화되지는 않았다.

본 연구에서는 초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템을 개발하였고,<sup>(3),(4)</sup> Laser Scanning Vibrometer를 이용하여 이송 시스템의 이송 메커니즘을 규명하였다. 또한 선행된 연구에서 규명된 진행주파수, 위상차와 이송방향의 관계, 진행주파수와 이송방향관계 등의 데이터를 바탕으로 양 방향의 최고 이송속도를 나타낼 때, 물체가 이송되지 않을 때, 그리고 물체의 이송방향이 변할 때의 탄성빔(Flexural Beam)의 각각의 진동특성을 Laser Scanning Vibrometer로 빔 전 영역의 진동형태를 측정하여 규명하였다.

## 2. 실험장치구성

초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템은 함수발생기(Function synthesizer), 파워증폭기(Power amplifier), 탄성빔 그리고 초음파 발생 장치로 구성된다. 초음파 발생 장치는 본 연구를 통해 개발한 장치로 초음파를 발생시켜주는 P.Z.T 액츄에이터로 구동된다.<sup>(5),(6)</sup> 탄성빔은 Node Line이 아닌 부분에 초음파 발생장치와 볼트로 연결되어 있다. 초음파 발생장치와 탄성빔은 음향학적 효과가 뛰어난 재질로 제작되었다.

본 연구를 위해 사용된 Laser scanning vibrometer는 물체 표면에서 발생하는 진동 신호를 레이저를 이용하여 2차원 진동데이터를 측정하고 3차원 애니메이션으로 관찰할 수 있는 장치로서 초정밀 반도체 부품의 진동측정 및 광산업 산업에 활용할 수 있는 장비이다. Fig. 1은 초음파로 가진되고 있는 탄성빔을 Laser scanning vibrometer로 scanning하는 그림이다.

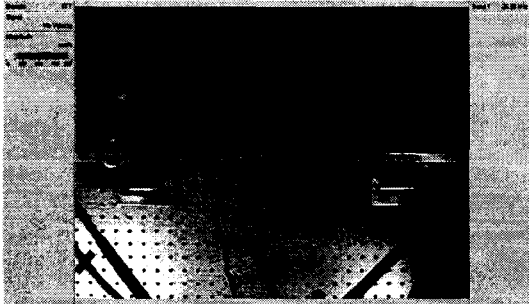


Fig. 1 Experimental apparatus of an object transport system

## 3. 측정 및 동특성 분석

초음파를 이용한 물체 이송시스템의 이송 메커니즘을 파악하기 위해 선행된 연구에서 규명된 진행주파수, 위상차와

이송방향의 관계, 진행주파수와 이송방향관계 등의 데이터를 기준으로 Laser scanning vibrometer를 이용하여 실험하였다.

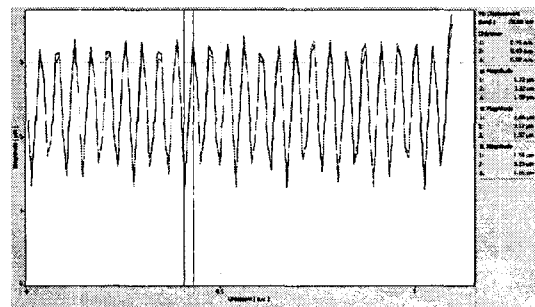
### 3.1 양방향 최고 이송속도 일 때의 진동형태 분석

물체의 이송이 원활할 때의 파형을 분석하기 위해 양방향으로 최고 이송속도를 나타낸 조건에서 파형을 측정하였다. Table 1은 최고 이송속도를 내기위한 조건이다. 실험은 각각의 조건에서 탄성빔의 전체영역과 부분영역을 Laser scanning vibrometer로 측정하였다.

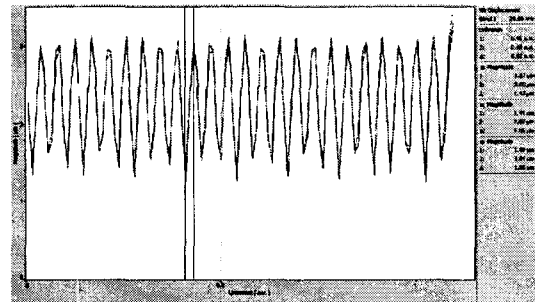
Fig. 2는 물체의 이송이 원활할 때의 파형이다. 실험결과 파형은 뒤틀림이 없는 안정된 파형이 생겼으며 탄성빔의 진동형태는 Fig. 2-(a),(b),(c)에서와 같이 긴 파장의 파형과 짧은 파장의 파형이 규칙적으로 진행되었다. 또한 이송속도는 조건 1, 2, 3에서 각각 58 mm/s, 59.23 mm/s, 48.06 mm/s로 나타났다. 이는 생성된 파장의 진폭이 클수록 이송속도도 빨라진다는 것을 말해준다.

Table 1 Cases of the maximum transport speed

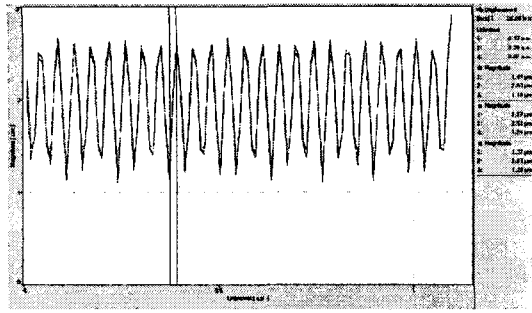
	Case 1	Case 2	Case 3
Frequency	28 kHz	28 kHz	28 kHz
Phase-difference	140°	220°	30°
Output voltage	± 500 V	± 500 V	± 500 V



(a) 28 kHz, 140°



(b) 28 kHz, 220°



(c) 28 kHz, 30°

Fig. 2 Scanning of flexural beam

### 3.2 물체가 반응하지 않을 때의 진동형태 분석

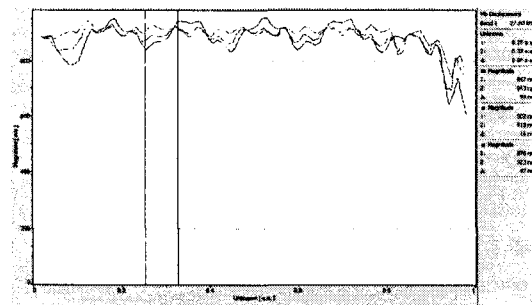
물체가 이송되지 않을 때의 파형을 분석하기 위해 물체가 이송되지 않는 조건에서 파형을 측정하였다. Table 2는 물체가 이송되지 않는 조건이다. 측정은 앞절과 동일한 방법으로 실행하였다.

Fig. 3은 물체가 이송되지 않는 파형이다. 조건 1에서 생성된 파형은 Fig. 3-(a)에서 보는 것과 같이 미세한 진동의 불안정한 파형이 생성되었다. 조건 2에서 생성된 파형은 Fig. 3-(b)에서와 같이 모양은 규칙적이나 진폭이 매우 작은 파형이 생성되었다. 조건 3에서의 파형은 조건 1, 2에서 생성된 파형에 비해 진폭은 상대적으로 크지만 모양이 매우 불규칙적인 것을 알 수 있다.

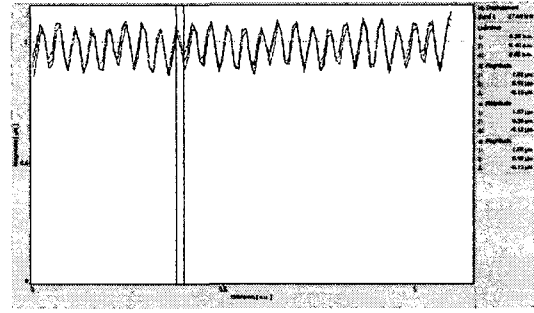
실험결과 파형이 생기지 않았을 때, 그리고 파형이 생성되었지만 불규칙적인 파형이나 진폭이 매우 작은 경우에는 물체가 이송되지 않는다는 것을 알 수 있었다.

Table 2 Cases of the zero speed

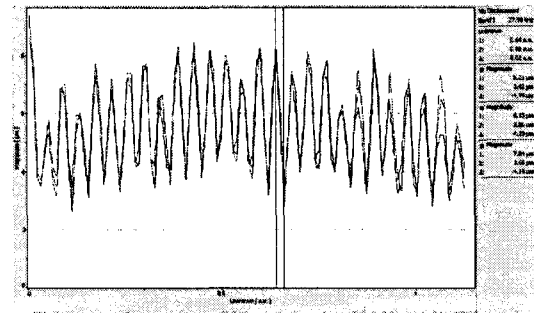
	Case 1	Case 2	Case 3
Frequency	27.6 kHz	27.6 kHz	27.9 kHz
Phase-difference	30°	140°	140°
Output voltage	± 500 V	± 500 V	± 500 V



(a) 27.6 kHz, 30°



(b) 27.6 kHz, 140°



(c) 27.9 kHz, 140°

Fig. 3 Scanning of flexural beam

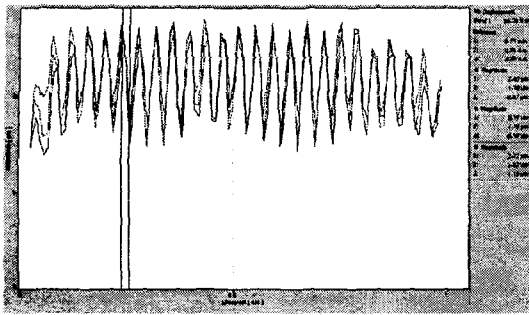
### 3.3 물체의 이송방향이 변할 때의 진동형태 분석

물체의 이송 방향이 변할 때의 파형을 분석하기 위해 방향이 변하는 전, 후의 조건에서 파형을 측정하였다. 측정 방법은 앞의 두 절에서의 방법과 동일하다. Table 3은 물체의 이송방향이 변하는 조건들이다.

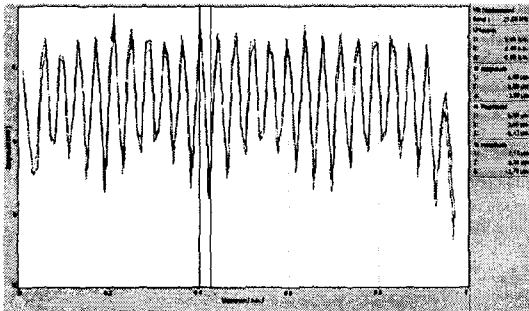
Fig. 4는 물체의 이송방향이 변할 때의 파형이다. 실험결과 파형은 크고 작은 파형이 불규칙적으로 생성되었다. 전체적인 파형의 모습은 일정한 주기를 가지고 진폭의 변화가 발생하였다. Table 3의 조건들에서 물체는 이송되지 않았다. 하지만 이송되고자 하는 방향으로 약간의 반응을 보였다.

Table 3 Cases of the change of transport direction

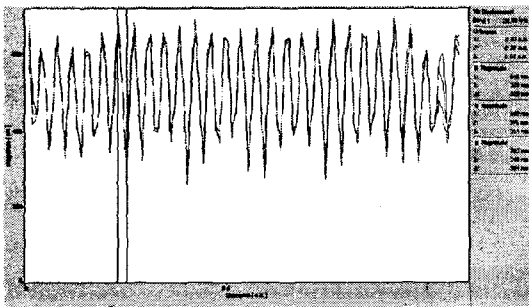
	Case 1	Case 2	Case 3
Frequency	26.3 kHz	27 kHz	28 kHz
Phase-difference	140°	140°	80°
Output voltage	± 500 V	± 500 V	± 500 V



(a) 26.3 kHz, 140°



(b) 27 kHz, 140°



(c) 28 kHz, 80°

Fig. 4 scanning of flexural beam

#### 4. 결론

본 연구에서는 초음파 여기 물체 이송시스템의 이송 메커니즘을 규명하기 위해 Laser Scanning Vibrometer를 이용하여 탄성빔의 진동형태를 측정하였다.

측정결과 각각의 조건들 마다 다른 진동 특성을 보였는데, 양방향으로 최고 이송속도를 나타낼 때의 빔의 진동형태는 긴파장의 파형과 상대적으로 짧은 파장의 파형이 규칙

적으로 진행되었다. 물체가 진행되지 않을 때의 발생하는 파장의 형상은 매우 불규칙하였다. 또한 물체의 이송 방향이 변할 때의 진동 형태는 일정한 주기를 가지고 진폭의 변화가 발생하였다. 실험을 통해 각 조건들에서 발생하는 빔의 진동형태를 파악할 수 있었고 물체를 진행시키기 위한 진행파의 형태를 분석할 수 있었다. 또한 진행파는 일정한 규칙적인 형태를 갖으며 이와 같은 규칙성이 없을 경우 물체가 진행되지 않음을 규명하였다.

본 연구를 통하여 초음파 여기를 이용한 물체 이송시스템의 메커니즘을 규명함으로써 초음파 이송시스템의 설계 및 개발을 위한 정량적인 데이터를 얻을 수 있었다.

#### 참고 문헌

- (1) Y. Tomikawa, K. Adachi, H. Hirata, T. Suzuki, and T. Takano, 1989, "Excitation of progressive wave in a flexurally vibrating transmission medium", Proc. 10th Symp. Ultrason. Electron., Vol. 29-1, pp. 179~181.
- (2) P. I. Ro, B. G. Loh, 2001, "Feasibility of Using Ultrasonic Flexural Waves as a Cooling Mechanism", IEEE Transactions on Industrial Electronics., Vol. 48, No. 1, pp. 143~150.
- (3) S. H. Jeong, T. H. Kim, B. S. Shin, and K. R. Cha, 2003, "A Study on Object Transport System using 2-Mode Ultrasonic Wave", Proc. the KSPE Spring Conference 2003, pp. 1170~1173.
- (4) S. H. Jeong, B. S. Shin, K. R. Cha, S. Song, and K. H. Lee, 2003, "Development of the Object Transport System using Ultrasonic Wave Excitation", Proc. the KSMTE Spring Conference 2003, pp. 371~375.
- (5) M. Kurosawa, K. Nakmora, T. Okamoto, and S. Ueha, 1989, "An Ultrasonic Motor Using Bending Vibrations of a Short Cylinder", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control., Vol. 36, No. 5, pp. 517~521.
- (6) K. Nakamura, M. Kurosawa, and S. Ueha, 1991, "Characteristics of a Hybrid Transducer-Type Ultrasonic Motor", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control., Vol. 38, No. 3, pp. 188~193.