

Laser Scanning Vibrometer를 이용한 초음파 이송시스템의 이송 메커니즘에 관한 연구

A Study on Transport Mechanism of the Ultrasonic Transporting System using Laser Scanning Vibrometer

정상화* · 신병수**

Sanghwa Jeong*, Byungsu Shin**

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)

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.

1. 서론

여러 분야의 산업에서 물체 이송시스템은 필수적인 장치 중의 하나이다. 컨테이너 항에서 거대 물류를 운반하는 컨베이어 시스템에서부터 반도체나 광소자같이 미세하고 정밀한 부품들을 이송하는 시스템까지 사용되는 분야도 다양하며 또한 복잡한 자동화 플랜트에서 서로 다른 작업 공정을 서로 이어주는 하나의 중요한 공정이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 이송 시스템들은 자기의 영향을 받는 반도체나 접촉력에 따라 표면손상을 일으키는 광소자 등을 이송하는 데는 적합하지 않다. 그 이유는 반도체에 있어서 자기적 영향은 소자 내에 전자적 배열을 손상시킴으로써 사용할 수 없거나 불량품이 될 수 있으며 광소자 있어서 표면 접촉력에 의한 표면손상은 빛손실을 일으킴으로써 불량의 원인을 제공하기

때문이다. 이러한 접촉력에 의한 렌즈표면 손실, 자기에 의한 전자적 배열의 손상으로부터 안전한 이송방법이 바로 초음파에 의한 이송이다. 초음파를 이용한 구동기에 대한 연구는 1980년대 말부터 미국과 일본을 중심으로 진행되고 있다.⁽¹⁾ 지금까지의 대부분의 연구들은 모터 소음을 줄이기 위한 목적으로 초음파 로터리 모터에 대한 연구들이었다. 그리고 최근에 이송하고자 하는 물체를 초음파로 직접 여기 하여 이송하는 방식은 활발히 연구중에 있으나⁽²⁾ 아직 실용화 되지는 않았다.

본 연구에서는 초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템을 개발하였고^{(3),(4)} 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 전영역의 진동형태를 측정하여 규명하였다.

2. 측정장치구성

* 조선대학교 기계공학과
E-mail : shjeong@chosun.ac.kr
Tel : (052) 230-7178, Fax : (052) 230-7178

** 조선대학교 대학원 기계공학과

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.

초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템은 함수발생기(Function synthesizer), 파워증폭기(Power amplifier), 탄성빔 그리고 초음파 발생 장치로 구성된다. 초음파 발생장치는 본 연구를 통해 개발한 장치로 초음파를 발생시켜주는 P.Z.T 액츄에이터로 구동된다^{(6),(6)}. 탄성빔은 초음파 발생장치와 볼트로 연결되어 있다. 초음파 발생장치와 탄성빔은 음향학적 효과가 뛰어난 재질로 제작되었다. Fig. 1은 초음파로 가진되고 있는 탄성빔을 Laser scanning vibrometer로 scanning하는 그림이다.

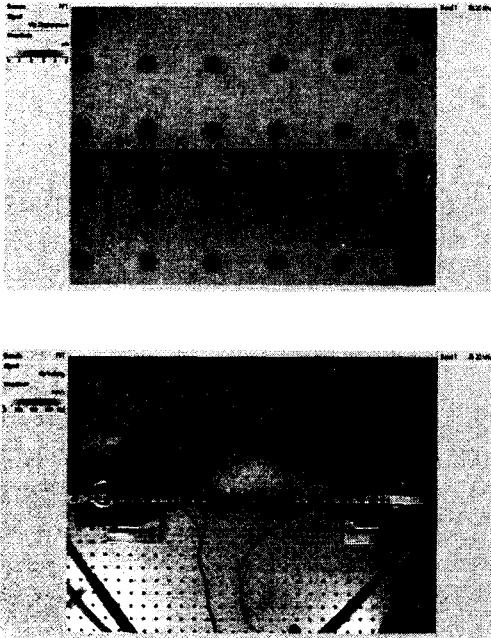


Fig. 1 Experimental apparatus of an object transport system

3. 측정결과

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 양방향으로 이송속도가 최고 일 때의 파형분석

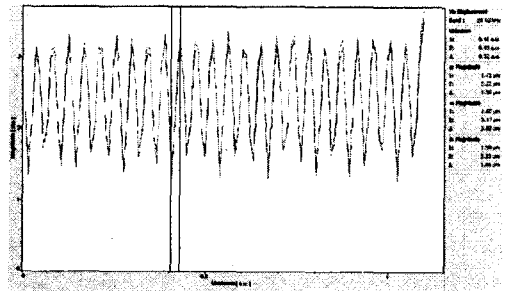
물체의 이송이 원활할 때의 파형을 분석하기 위해 양방향으로 최고 이송속도를 나타낸 조건에서 파형을 측정하였다.

Table 1은 최고 이송속도를 내기위한 조건이다. 실험은 각각의 조건에서 탄성빔의 전체영역과 부분영역을 Laser scanning vibrometer로 측정하였다.

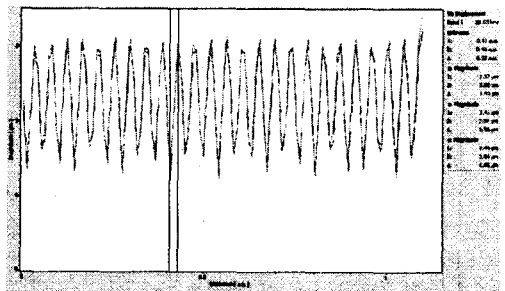
Fig. 2는 물체의 이송이 원활할 때의 파형이다. 실험결과 파형은 뒤트림이 없는 안정된 파형이 생겼으며 탄성빔의 진동형태는 Fig. 2-(a),(b),(c)에서와 같이 긴 파장의 파형과 짧은 파장의 파형이 규칙적으로 진행되었다. 또한 이송속도는 조건 1, 2, 3에서 각각 58 mm/s, 59.23 mm/s, 48.06 mm/s로 나타났다. 이는 생성된 파장의 진폭이 클수록 이송속도도 빨라진다는 것을 말해준다.

Table 1 Cases of the maximum transport speed

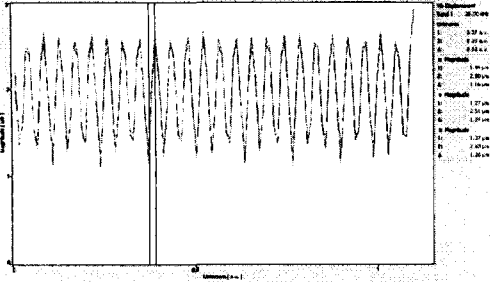
	Case 1	Case 2	Case 3
Frequency	28 kHz	28 kHz	28 kHz
Phase-difference	140°	220°	30°
Output voltage	±500 V	±500 V	±500 V



(a) 28 kHz, 140°

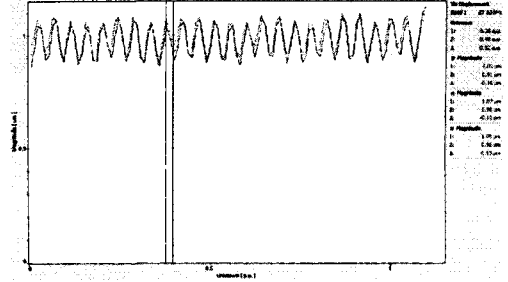


(b) 28 kHz, 220°



(c) 28 kHz, 30°

Fig. 2 Scanning of flexural beam



(b) 27.6 kHz, 140°

3.2 이송속도가 zero 일 때의 파형분석

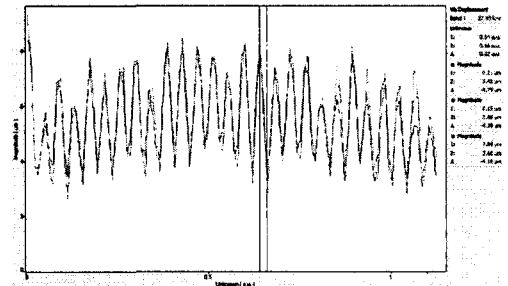
물체가 이송되지 않을 때의 파형을 분석하기 위해 물체가 이송되지 않는 조건에서 파형을 측정하였다. Table 2는 물체가 이송되지 않는 조건이다. 측정은 앞절과 동일한 방법으로 실행하였다.

Fig. 3은 물체가 이송되지 않는 파형이다. 조건 1에서 생성된 파형은 Fig. 3-(a)에서 보는것과 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



(c) 27.9 kHz, 140°

Fig. 3 Scanning of flexural beam

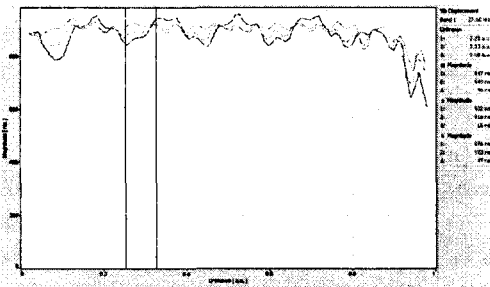
3.3 이송방향이 변할 때의 파형분석

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.

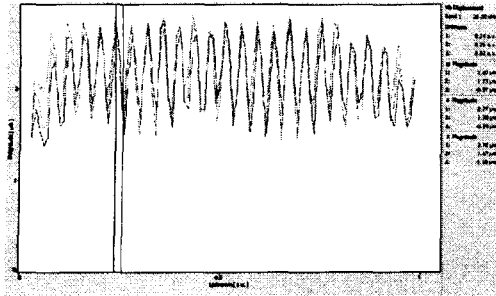
Fig. 4는 물체의 이송방향이 변할 때의 파형이다. 실험결과 파형은 크고 작은 파형이 불규칙적으로 생성되었다. 전체적인 파형의 모습은 일정한 주기를 가지고 진폭의 변화가 발생하였다. Table 3의 조건들에서 물체는 이송되지 않았다. 하지만 이송되고자 하는 방향으로 약간의 반응을 보였다.

Table 3 Cases of the change of transport direction

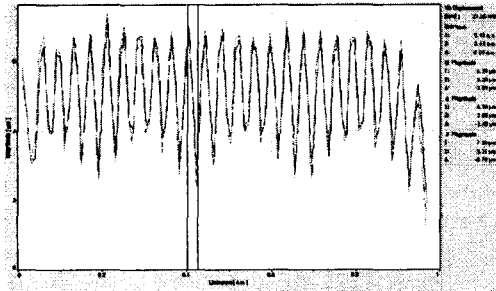
	Case 1	Case 2	Case 3
Frequency	26.3 kHz	27 kHz	28 kHz
Phase-difference	140°	140°	80°
Output voltage	±500 V	±500 V	±500 V



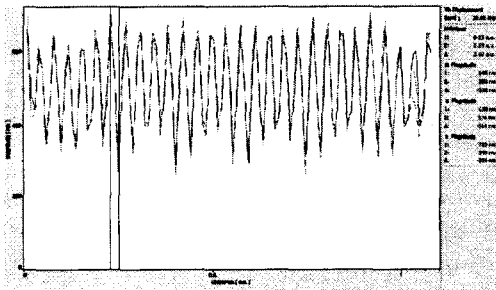
(a) 27.6 kHz, 30°



(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 조건들마다 다른 진동 특성을 보였는데, 양방향으로 최고 이송속도를 나타낼 때의 빔의 진동형태는 긴파장의 파형과 상대적으로 짧은 파장의 파형이 규칙적으로 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 진행

되지 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. Nakamura, 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.
- (7) W. C. Elmore, 1991, Physics of Waves, New York, McGraw-Hill, pp. 5~13.
- (8) K. F. Graff, 1991, Wave Motion in Elastic Solids, New York, Dover Publication, pp. 163, 167, 180~187.