

반도체 생산 장비용 제진 시험 장치 개발

A development of a vibration control test apparatus for semiconductor manufacturing machines

김형태† · 김철호, 이강원* · 이규섭, 손성완**

H.T. Kim, C.H. Kim, K.W. Lee, G.S. Lee, S.W. Son

1. 서론

IT 제품이 소형화 및 경량화되면서 관련 부품의 사이즈는 감소하고 있으나, 점점 더 강력한 기능을 요구하고 있다. 제한된 공간에 많은 기능을 집적하기 위하여 공정이 미세화되고 있으며, 최근에는 나노 단위까지 요구되고 있다. 이에 따라서 반도체, LCD 및 LED 부품 공정에서 생산 환경을 제어하는 문제가 대단히 중요한 이슈가 되고 있다. 현재 관련 부품 생산에 있어서 생산 환경을 제어하는 주요 요소로 온도, 습도 그리고 청정도가 있다[1]. 이러한 환경 조건 요소는 첨단 공조 시스템을 이용하여 제어 가능하지만, 진동이라는 요소는 적극적으로 고려하지 못하고 있다.

IT 부품 공정에서 진동은 미세공정에 치명적인 영향을 미치지만, 이에 대한 대책은 대부분 passive 형태의 방진 시스템으로 처리하고 있다. 이러한 공정에서 진동이 발생하는 원인으로는 장비 내부의 원인과 내부의 원인으로 나눌 수 있다. 장비 내부의 원인으로는 자체의 이송에 의한 것이 대부분으로 질량의 이동으로 인한 중심의 변화, 가속 및 감속에 의한 충격, 이송계의 공진 등을 들 수 있다. 장비 외부의 원인으로는 인근 장비에서 발생하는 진동, 작업자에 의해 발생하는 노이즈 및 건물 자체에 의해 발생하는 공진 등이 있다. 이러한 진동은 공압을 이용하여 저감하려는 연구가 진행되었으나[2]-[4], 근본적으로 제거하기 어렵다. 특히, 10Hz 이하의 저진동은 오히려 공압계의 공진에 의해 발생되므로, 공압계 이외의 요소가 필요하다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 전자기력을 사용하여 반도체 장비에 사용할 제진기를 테스트하는 장치를 개발하였다.

2. 전자기 제진 장치

선행 연구에서 개발한 능동 제진 actuator 의 구조는 Fig. 1 과 같다[1]. 고장력 고무로 만든 공압 스프링으로 압력실을 구성하고, 내부에 전자기를 발생하는 코일 및 코일과 좁은 간극으로 판형 영구 자석을 설치한다. 공압으로 고하중 물체를 부양하고, 센서로 진동을 감지하여, 컨트롤러에서 코일의 전자기력을 결정한 다음, 코일에 전압을 가하여 진동을 제어한다.

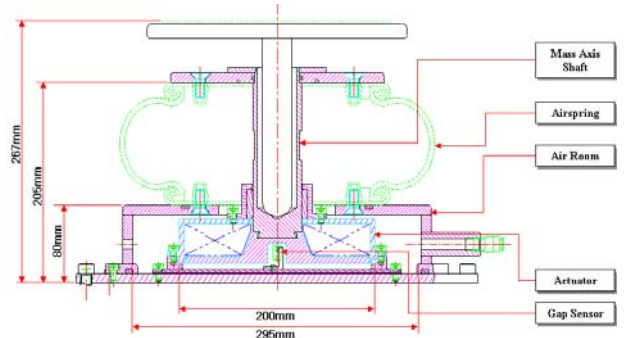


Fig. 1 Structure of an electro-magnetic isolator

일반적으로 고하중 하에서 공압 스프링의 수직 방향 변위에 대한 저항력은 full stroke 범위에서는 비선형적인 특성을 보이지만, 일반적인 진동은 ±2mm 내외이므로 거의 선형적인 특성을 보인다. 댐핑 상수는 약 0.1 정도이므로 식(1)과 같은 수식으로 선형 시스템으로 모델링이 가능하다. 여기서 일반적인 진동에 의한 변위에서 압력의 변화가 발생하지만, 이로 인한 지지력의 변화는 무시할 만한 수준이므로 발생된 진동은 전자력에 의하여 지배할 수 있다.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(i) \tag{1}$$

식(1)에서 전자력은 전류 i 와 관련있으며, 이는 인가 전압 및 코일의 물리적 특성으로 다음과 같은으로 선형 모델링이 가능하다.

† 김형태; 한국생산기술연구원 생산시스템연구부
E-mail : htkim@kitech.re.kr
Tel : (041) 589-8478, Fax : (041) 589-8460
* 한국생산기술연구원
** RMS 테크놀로지

$$Li + Ri = V(t) \quad (2)$$

전자력은 Fig. 2 와 같이 자기 경로에 의한 퍼미언스(permeance) 모델에 의하여 계산이 가능하며, 이에 대한 수식은 식(3)과 같이 전류, 코일의 감은 수, flux, 자기 강도, 퍼미언스 및 변위로 정의할 수 있다.

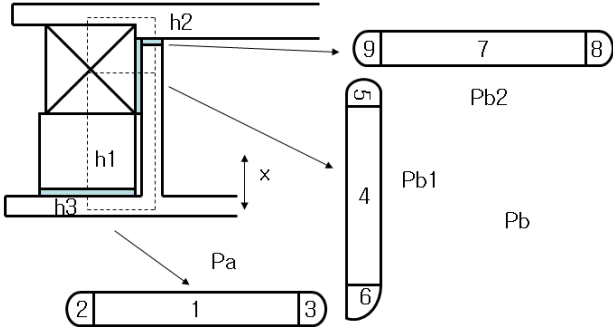


Fig. 2 Schematic diagram of a permeance model

$$NI = \sum_i H l_i + \frac{\phi}{P} F = -\frac{\phi^2}{2} \frac{dP}{dx} \quad (3)$$

3. 실험장치

제진 실험을 위하여 Fig. 3 과같이 4 개의 전자기 제진 장치 위에 3ton 의 석정반을 올리고, 장축 리니어 모터와 80kg 의 더미를 설치하였다. 추후 석정반 위에 3ton 의 석정반을 추가하여 총 6ton 의 하중을 올릴 예정이다. 리니어 모터는 더미를 장거리로 이동시켜 장비의 질량이동에 대한 효과를 모사적으로 나타낼 수 있으며, 추후 Y 축을 추가할 예정이다. 진동을 측정하는 방법으로 여러 방법이 있으나, 본 연구에서는 저진동 특성이 우수하고, 3 축 진동을 감지할 수 있는 가속도 센서를 사용하였다.

각 제진 장치에서 감지되는 4 개의 센서의 신호를 처리하기 위하여 신호 샘플링, 제어 state 를 추정하기 위한 관측기와 제어 알고리즘을 실시간 처리가 필요하다. 이를 위하여 Fig. 4 와 같은 C6713 계열의 고성능 DSP 를 사용한 보드로 진동 제어를 수행할 수 있다.

4. 결 론

IT 부품 및 제품 생산을 위한 진동 제어 및 억제 를 목적으로 모사 실험 및 제어 성능 테스트를 위한 시험 장치를 제작하였다. 4 개의 전자기 제진 장치 상부에 3ton 의 하중을 가하고 및 동하중을 위한 장축 리니어 모터를 설치하였다. 대상에 맞는 진동 검출을 위하여 저주파 특성이 좋은 3 축 가속도 센서

를 설치하였다. 4 채널의 샘플링, 필터링, 관측 및 제어 로직을 실시간으로 처리하기 위하여 고성능 DSP 를 설치하였다. 이상의 실험 장치는 현재 테스트가 진행 중이며, 차후 반도체 라인에서 활용 예정이다.



Fig. 3 Photo of a vibration control test apparatus



Fig. 4 Photo of a C6713 DSP board

참고문헌

- [1] 김형태, 김철호, 이강원, 이규섭, 손성완, 전종균, "반도체 장비용 전자기식 능동 제진 장치의 성능 예측 평가," 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 579~580, 2009.
- [2] 송진호, 김규용, 박영필, "공기스프링 방진대의 능동제어," 대한기계학회논문집, vol. 18, no. 6, pp. 1605~1617, 1994.
- [3] 김현수, "유전자알고리즘을 이용한 스마트 먼진시스템의 피지제어," 한국지진공학회논문집, vol. 9, no. 2, pp. 37~46, 2005.
- [4] 박영필, "방진설계에 있어서 능동제어기법의 활용," 대한기계학회지, vol. 34, no. 10, pp. 756~763, 1994.