

반도체 디스플레이 장비의 진동 허용 규제치 선정 방법

The Selection Method of Vibration Criteria for Semi-conductor and Display Equipment

이홍기† · 안채현* · 김주영**, 백재호**

Hong-Gi Lee, Chae-Hun An, Joo-Young Kim and Jae-Ho Baek

1. 서 론

반도체 디스플레이 장비 산업은 급격한 집적도 향상, 대면적 제품 생산과 더불어 수율 향상에 대한 연구 개발이 지속적으로 수행되고 있다. 이는 대형 초정밀 구동 장치의 초고속 구동을 의미하게 된다. 따라서 등가 질량의 증가 및 등가 강성의 약화를 초래하여 고유진동수의 저하로 이어지고 있으며 허용되는 제어 오차 범위가 매우 작게 되어 장비 내부에 설치된 구동기 등 내부 가진원에서 발생하는 진동뿐만 아니라 장비가 설치된 건축물의 바닥으로 전달되는 외부 진동에도 취약한 구조를 가지게 된다. 한편, Fab. 등 장비 설치 건축물은 클린룸의 유지 시설에 필요한 공조 장치, 주변에 설치된 다른 장비 등에서 발생하는 가진력이 구조 동특성에 따라 다양한 주파수의 암진동 형태로 전역적으로 전달되고 있으며 5~10층의 고층 구조물에서는 동강성의 약화로 더욱 큰 암진동이 유발되게 된다. 설치된 장비가 설치 건축물의 암진동에 대하여 취약한 경우 장비 사용이 불가능하게 되는 심각한 진동 문제를 발생시키게 된다. 따라서 장비 및 설치 건축물의 설계, 제작 시 진동 성능에 문제가 없는 외부 진동 허용의 범위를 진동 허용 규제치(vibration criteria)로 정의하고 이를 준수할 필요가 있다. 현장에서는 BBN Vibration Criteria를 바탕으로 장비의 정밀도에 따라 적절한 진동 등급을 선정하고 이에 준하여 장비 및 설치 건축물의 진동 성능을 평가하고 있다. 그러나 이 등급은 매우 포괄적인 성능 지수를 바탕으로 평가하여

특정한 성능이 요구되는 장비에 적용하기 모호하며 대부분의 주파수 영역에서 일정한 진동 성능을 요구하고 있어서 필요하지 않은 주파수 영역에서도 진동 성능 향상을 강요하게 되어 장비 및 건축 구조물의 설계, 시공에 큰 낭비를 초래하게 된다.

본 연구에서는 장비의 성능 상 허용되는 범위 오차를 바탕으로 진동 허용 규제치를 실험적으로 선정하는 방법을 제시한다. 이는 장비의 취약한 주파수 대역과 크기를 명확하게 파악하여 진동에 강건한 구조 설계의 기초 자료를 제공할 뿐만 아니라 장비 설치 건축물의 성능 평가 기준을 제시하여 제진 성능 향상에 필요한 정보를 제공함으로써 암진동으로 발생하는 장비의 진동 문제 해결을 목표로 하고 있다.

2. 진동 허용 규제치의 선정 방법

2.1 시스템 모델링

대부분의 장비는 Fig. 1과 같이 정밀 이송 스테이지에 웨이퍼 및 박막유리 등 공작물을 부착하고 상단에 부착된 레이저 조사기, 검사용 렌즈, 용액 분사용 노즐 등 (tool)이 동작하여 공정을 수행하게 된다. 따라서 이는 Fig. 2와 같이 4 자유도 모델로 단순화 시킬 수 있다.

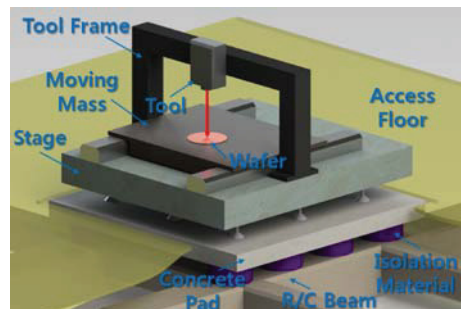


Fig. 1 Structure of the installed equipment with Fab

† 교신저자; 정회원, 알엠에스 테크놀로지(주)

E-mail : rmstech@rmstech.co.kr

Tel : 041-556-7600 , Fax : 041-556-7603

* 한국생산기술연구원

** 알엠에스 테크놀로지(주)

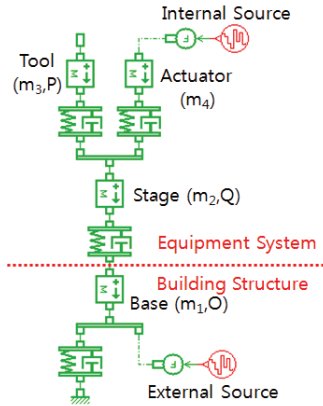


Fig. 2 Schematic diagram of system

2.2 진동 허용 규제치의 선정

암진동은 바닥(Base)에 가해지는 외부 가진력으로 나타내게 되며 이에 대한 응답이 점 P, Q에 나타나게 된다. 두 점의 상대 거동을 정의하기 위하여 점들의 응답은 정상상태응답(steady state response)로 가정하면 식 (1), (2)로 나타낼 수 있다.

$$y_{OP}(t) = F |G_{OP}(j\omega)| \sin(\omega t + \phi) \quad (1)$$

$$y_{OQ}(t) = F |G_{OQ}(j\omega)| \sin(\omega t + \theta) \quad (2)$$

식(1), (2)의 상대 거동은 벡터 해석 기법을 이용하여 손쉽게 식(3)과 같이 유도된다.

$$|\vec{y}_{OP/OQ}| = \sqrt{|\vec{y}_{OP}|^2 + |\vec{y}_{OQ}|^2 - 2|\vec{y}_{OP}||\vec{y}_{OQ}|\cos(\phi - \theta)} \quad (3)$$

장비의 성능 관점에서는 이 두 점간의 상대 거동이 장비 성능 상에 허용되는 최대 오차보다 큰 경우 장비 사용이 불가능하게 되므로 두 점의 허용 상대 거동을 고정하고 이를 유발하는 최대 가진력을 임계 가진력으로 정의할 수 있다. 한편 진동 허용 규제치는 바닥의 거동 특성으로 정의되므로 임계가진력을 바닥 가진에 대한 바닥의 주파수 응답 함수를 이용하여 변위, 속도 또는 가속도로 환산한다. 따라서 설치 건물의 동장성 측정이 필요하게 되며 장비의 진동 성능은 장비의 동특성 뿐 만 아니라 설치 건물의 동특성도 중요한 영향을 미침을 의미한다.

Fig. 3은 어떤 반도체 장비의 3축 방향(x,y,z) 바

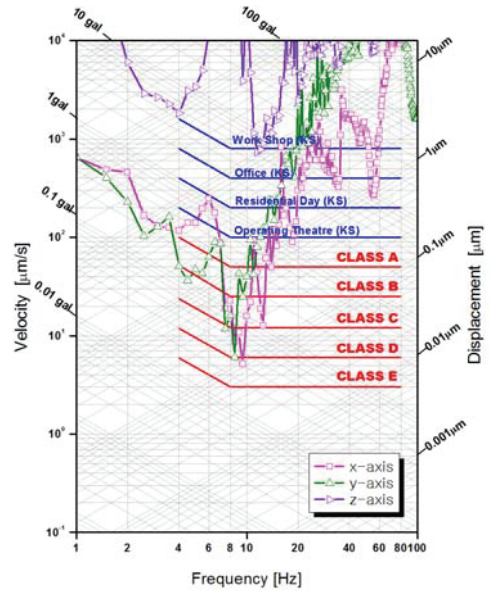


Fig. 3 Result of a vibration criteria

닥 가진에 대한 동특성을 모달 테스트를 이용하여 구하고 바닥의 주파수 응답함수를 이용하여 속도 진동 허용 규제치로 환산하여 BBN 선도에 나타낸 것이다. 이는 10 Hz 내외에서 특히 취약한 성향을 보이며 나머지 주파수 대역에서 비교적 강건한 진동 특성을 보이게 된다. 따라서 장비의 집중적인 진동 성능 보강이 필요한 주파수 및 크기를 파악할 수 있으며, 설치될 건축 구조물의 바닥 암진동을 측정하여 비교함으로써 설치 가능 여부 및 제진대 등 보강 공사의 필요성, 제진대의 요구 성능 결정 등 중요한 정보들을 얻을 수 있다.

3. 결 론

암진동 문제의 효과적인 회피를 위하여 장비 제조업체는 제작된 장비의 진동 허용 규제치를 파악하고 장비 사용업체에 제시해야 하며 이를 개선하려는 노력이 필요하다. 장비 사용업체는 설치 건축물의 암진동량을 파악하고 장비의 진동 허용 규제치를 초과하지 않도록 조치하여야 한다. 본 연구는 실험적으로 장비의 진동 허용 규제치를 선정하는 방법을 제시하였으며 이를 이용하여 암진동에 대응하는 장비 및 설치 건축물의 허용 진동량의 크기 및 주파수 등 결정적인 평가 정보의 획득 방법을 제시하였다.