

미진동 제어장치 평가기술 개발

Development of Evaluation Technology for Micro-Vibration Isolator

박수홍[†] · 김준섭* · 옥승호* · 이규섭**

Soo-Hong Park, Joon-Seob Kim, Seung-Ho Ock, Gyu-Seob Lee

1. 서 론

많은 첨단 제조설비들은 진동에 매우 밀접한 관련을 가지고 있다. 기가급(giga class)의 메모리반도체(DRAM)을 생산하기 위해서는 0.23~0.1 μ m 이하의 회로 선폭을 가공할 수 있는 기술이 요구되고 있으며, 현재 연구 단계에 있는 테라급(tera class)의 메모리반도체에서는 이 보다 더 정밀한 가공기술이 필요할 것으로 예상된다. 이러한 고집적 반도체 제품의 가공과 검사를 위하여 가공 선폭 이상의 분해능을 가진 고정밀 생산, 검사 장비가 필요하다. 특히, 레이저 빔을 사용하여 웨이퍼에 미세 패턴을 형성시키는 노광 장비는 웨이퍼 최소 가공 선폭의 1/5~1/20 수준의 정밀도가 요구되고 있으며 이러한 정밀도의 향상은 내외부로 부터 입력되는 진동에 더욱 더 민감한 영향을 받게 된다. 따라서 이러한 설비를 설계할 때에는 건축전문가, 엔지니어, 구조설계자 그리고 진동전문가 등이 진동을 줄이기 위한 역할분담에 대해 검토하고 적절한 방법을 결정하게 된다. 진동을 줄이기 위한 각 분야별 설계목표나 기준을 결정하는데 있어 가장 중요한 요소 중 하나는 진동민감장비를 설치하게 될 미진동 제어장치에 대한 성능이다. 미진동 제어장치(진동절연장치, Micro-Vibration Isolator)란 초정밀 측정설비나 정밀 가공설비, 검사설비 등에 사용되어 지반이나 부속설비에서 발생하는 미진동을 제어하기 위한 장비 또는 설비를 말한다. 이와 관련하여 미진동제어장치 제작자, 구조물 설계자, 초정밀 측정 및 가공 장비 개발자 그리고 반도체공장 등의 사용자 측면에서 통일된 방법으로 관련 장치를 평가한다는 것은 매우 중요하다. 하지만 현재는 미진동신호를 객관적 평가하는 것뿐만 아니라 미진동 제어장치의 평가절차 및 평가방법 등에 관하여 적절하게 표준화된 기술이 제공되지 못한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 진동절연장치의 구성요소를

분석하여 요소별 성능평가방법을 개발하였다. 이러한 과정을 통하여 통일된 관점에서 미진동 제어장치의 성능을 평가하도록 함으로써 미진동 관련기술의 발달을 도모하고자 한다.

2. 본 론

2.1 미진동 제어장치 성능규격 검토

미진동 제어장치의 성능사양을 보면 제조사, 그리고 제품의 종류에 따라 다르게 제시되고 있다. 주요 미진동 제어장치 제작사를 중심으로 성능평가항목들을 정리하면 통상적으로 미진동제어장치가 가지고 있는 고유진동수와 전달률의 두가지로 분류할 수 있으며, 그 외에 테이블 위에서 이동질량이 있는 경우 정착시간(Settling Time)이나 리레벨링 정밀도(Relevelling Accuracy) 등의 항목이 추가되고 광학테이블로 사용되는 경우 상판의 컴플라이언스(Compliance) 곡선과 이에 따른 동강성계수 또는 상대변위 등이 있다.

이 중에 전달률에 대해서는 상당한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 현재 제조사가 제시하는 전달률곡선은 상당한 수준의 진동이 가해진 상태에서 얻어진다. 그 이유는 제진장치에 내부구조상 가질 수 밖에 없는 마찰저항 때문인데 가진 진동량이 크면 이 저항력을 극복하고 미진동 제어장치의 특성을 보이지만 작은 진동에서는 저항력 때문에 전혀 다른 특성을 보인다. 이러한 점은 전달률특성을 결정하는데 매우 중요하게 고려되어야 할 것으로 판단된다.

2.2 미진동 제어장치 성능평가 항목

미진동 절연장치가 가져야 하는 성능과 관련한 요소별 또는 전체 장치에 대한 항목은 다음과 같이 규정한다.

2.2.1 전달률

지반진동에 대한 상판의 진동의 크기 비이며, 각 주파수별 전달률을 알게 됨으로써 진동 민감장비의 설치 규격 만족 여부를 예측할수 있도록 한다. 이와 관련한 시험을 통하여 미진동 절연 장비의 고유진동수, 댐핑, 주파수별 제진효율, 고유진동수에서의 증폭비 등의 결과를 얻을 수 있다. 전달률의 측정방향은 수직, 전후수평, 좌우수평 등 3방향에 대해 실시하며 사용자의 요구에 따라서는 각축으로의 회전을

† 교신저자: 한국산업기술시험원
E-mail : psh@ktil.re.kr
Tel : (02) 860-1514, Fax : (02) 860-1529

* 한국산업기술시험원

** 알엠에스테크놀러지(주)

포함하여 6방향에 대해 실시한다.

2.2.2 경각시간

상판에 발생한 충격력 또는 충격변위가 발생한 후 자유감쇠에 의하여 일정 진폭에 이르는 시간 또는 최대충격변위에 대한 일정진폭비에 도달할 때까지의 시간으로 이 시간이 길게 되면 연속작업을 실시할 수 없으며 주변설비와의 간섭가능성도 발생한다.

2.2.3 위치정밀도

미진동제어장치에서는 공압을 이용한 자동 수평유지장치가 주로 사용되는데 충격 후 충분한 안정화 시간 후에 발생하는 반복 위치정밀도와 반복 레벨링 정밀도를 말한다. 미진동제어장치는 지지부의 정적강성이 작음에 따라 이러한 충격이 반복적으로 작용하게 되며 이러한 충격 후 수평이 유지되지 못할 경우 중요한 문제를 야기할 수 있다.

2.2.4 상판의 동강성(뒹굴라이언스)

상판에는 진동민감장비 또는 광학용 정밀측정장비를 설치하게 되는데 이때 지반으로부터 입력되는 불규칙 진동으로 인하여 상판탄성변형에 의하여 상대변위가 발생하고 이로 인한 측정오차가 발생한다. 이를 적절하게 제어하기 위하여 충분한 동적강성을 가질 수 있도록 상판을 선정하게 된다. 이 특성은 상판에 대한 임팩트시험 또는 전자식 가진기에 의한 시험을 통하여 얻어진다.

2.2.5 음향민감도

미진동 제어장치는 정적강성이 매우 낮아 주변 환경 변화에 의하여 많은 영향을 받게 된다. 특히 지반으로부터 전달되는 진동 이외에도 소음이나 공기유동에 의해서도 진동이 발생한다. 시험에 의하면 특히 소음에 의한 진동의 증가는 매우 높다. 특히 현장에서는 주변소음이 매우 높은 경우가 생길 수 있으며 이러한 경우에는 지반진동에 대한 전달특성이 좋아도 문제가 심각하게 발생할 수 있다. 특히 목표로 하는 진동이 작을수록 이 영향은 커지게 된다.

2.3 성능평가 측정장비 및 조건

앞에서 정의한 다양한 성능시험 중에 공통적으로 고려해야 하는 시험장비 및 환경 등은 다음과 같다.

2.3.1 일반사항

미진동에 영향을 미치는 환경은 매우 많으며 주변의 작은 환경변화에 의해서도 특성값의 결정에 많은 영향을 줄 수 있다. 따라서 특성시험 도중에는 주변의 진동이 극도로 제한되어야 하며 소음 및 유동도 배제된 공간에서 시험이 실시되어야 한다. 또한 시험중에는 시험에 영향을 미치는 환경변수들(온도, 습도, 소음도, 공압, 유속등)은 항상 기록되어야 한다.

2.3.2 측정방향

대상시료의 측정방향 즉 자유도는 통상적으로 3방향의 직

선운동에 대해 실시한다. 단 불평형 중량이 있을 경우이나 사용자의 요구가 있을 경우에는 회전방향의 거동을 측정할 수 있다.

2.3.3 측정변환기 및 신호증폭기

지반진동의 측정이나 전달률 시험, 음향민감도 시험, 정착 시간 시험 등에서는 다음과 같은 장비를 사용한다. 측정변환기는 속도센서나 가속도센서를 사용한다. 진동레벨이 낮으므로 센서는 매우 민감한 것을 사용한다. 상황에 따라 다르지만 센서의 민감도는 가속도계의 경우는 100 mV/ms^2 이상, 속도센서의 경우는 25 mV/mm/s 이상의 것을 사용한다. 어떠한 경우에도 신호선 및 신호증폭기의 잡음은 2~200 Hz 범위 내에서 전체 RMS값이 최대진동진폭의 5%를 넘으면 안 된다. 측정장비의 주파수범위는 1~315 Hz이어야 한다. 디지털 시스템에서는 권장하는 샘플링주파수는 최소 2,000 Hz이다. 부가적으로 적절한 차단주파수를 가지는 anti-alias 필터를 사용한다.

2.3.4 신호분석기

신호분석기는 최소한 동시에 6채널의 데이터를 측정할 수 있어야 하며 측정주파수 범위는 1~315 Hz 를 만족시킬 수 있어야 한다. 측정데이터는 시간 및 주파수축상으로 표현할 수 있어야 하며 평가를 위하여 옥타브 분석 및 협대역 분석 기능도 포함하여야 한다.

3. 결 론

미진동 제어장치에 대한 성능평가기술 개발을 통하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- 가) 미진동제어장치의 구성 요소 및 전체시스템의 성능을 평가하기 위한 방법을 제시하였다.
- 나) 요소별 시험방법들에 문제점을 파악하였으며 특히 미진동 제어장치 평가에 있어 가진레벨을 설정, 주변음향의 효과, 측정위치의 문제, 상판의 자유도 문제, 측정방법 및 신호처리 방법 그리고 가진 방법상의 차이 등을 검토하여 장단점을 파악 하였다.
- 다) 요소별 평가방법을 기반으로 미진동제어장치 시스템에 대한 종합적인 성능평가 방안을 제시하였고 표준화 안을 제시하였다.

후 기

이 연구는 지식경제부의 지원으로 수행하는 산업기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.