

반도체 정밀 생산기기 방·제진을 위한 미진동 Design Guide Line 해석

이 호 범
(주)Three TECH / 대표이사

1. 머리말

초점단 제품인 반도체 기술은 나날이 진보하고 있다 특히 시장성에 있어 국내 관련 산업이 국제 경쟁력에서 우위를 차지하고 있다는 DRAM 분야는 현재 Mega급 수준을 넘어 Giga급 수준으로 전환되고 있고, 이의 pilot 제품 및 본 제품의 양산을 위한 계획이 조사 차원을 넘어서 있는 실정이다. 이처럼 급속도로 발전 및 변화되는 반도체 기술은 필수적으로 그 생산공정 환경 설정시 가장 중요한 역할을 하는 클린룸의 선진화와의 접목이 강하게 요구되고 있다.

반도체와 같은 정밀 Chip의 생산을 위해 클린룸 형성시 소요기술을 대별하면 Quality, Safety, Owner's Requirement, Delivery, Cost 등을 들 수 있다. 이중 Quality에 해당되는 요소기술은 청정도, 온습도, 기류분포, 실내 압력, 조도(照度), 미진동 대책, 소음대책, 정전기 대책, Cross Contamination 대책, 순도(純度)에 관한 정밀 제어기술을 요구하고 있다. 이렇게 충족되어야 할 많은 요소 중 두 가지의 우선 순위에 해당되는 부분을 선정한

다면, 그 하나로 환경오염에 관한 것을 추천하며 그 범위는 기류에의 정밀제어와 작업자 및 설비에서의 오염원인 사전제거를 기본으로 한다. 이는 많은 양의 개스나 청정도를 유지하기 위한 청정제 및 기타 다른 화학제품들을 다루어 불가피하게 발생하는 미립자, 가스상의 오염물의 발생원을 계측, 분석하여 방지할 수 있는 최적 시스템의 개발을 중심으로 하는 분야이다. 다음 하나의 요소기술로는 전자와 다른 영역에서의 중요 분야로 구조 및 정밀 방·제진 환경에 관한 것을 들 수 있다. 이 분야는 정밀공장 내외부로부터 발생하는 제반 진동을 미진동 차원에서 제어를 수행하는 것이다. 따라서 본 기술의 정립은 대상 정밀기계 각각이 갖는 바닥에서의 미진동 요구 spec. 환경을 충족할 수 있도록 조절하고 또한 이를 최적 제어하여, 향후 발생할 수 있는 생산에러를 사전에 차단하게 된다. 클린룸의 건설은 이러한 환경들을 수준급으로 유지하기 위해 다양한 재료 및 복합적이며 고가의 시스템 요소로 구성된다.

Timing 산업이라 일컬어 지는 국내의 반도체 관련 사업은 국내의 몇몇 대기업을 주축

으로 경쟁적으로 발전해와 세계적 경쟁력이 있다는 수준까지 도달되었다고 한다. 그러나 이러한 경영학적인 발전속도 또는 Chip 자체의 고집적화 기술 발전의 속도에 비하여 설비개발 및 건설기술 개발분야는 낙후되어 있는 것이 현실이다. 이는 국내 반도체에 관련한 기술 평가시, 크게 보아서 순이익 창출의 외형적인 입장 또는 고집적화로 Chip 개발 기술만의 입장에서 본 가시적인 부분에 만을 높게 평가하므로써 상대적으로 이의 성공적 생산을 위한 상기의 부대적 필수 여건 기술 분야에 대한 무관심의 결과라 판단된다. 그 예로 정밀공장 설비 기술화 중 가장 미흡한 정책은 초고가의 생산설비 자체개발에 대한 투자 미숙을 들 수 있다. 현실적으로 이의 개발은 막대한 투자와 시간이 소요되어 단기적으로 시장성 확보에 문제가 발생되기 때문에 경영학적 차원에서는 큰 적자를 감수할 수 밖에 없게 된다. 그래도 현재는 학계의 일부 및 소수의 관련 중소기업들을 중심으로 매우 소규모적 수준에서 개발투자가 진행되고 있는 것을 다행으로 생각되나 국가적으로 국제 경쟁력에 도전할 수 있는 특화 사업이라고 알려져 있는 본 분야의 선진화를 위해서는 국가적 차원에서의 정책적인 지원이 있어야 한다. 다음으로 클린룸 건설과 관련된 설계 및 시공 기술 중 시스템 기본설계시 과거 지향적 보수성은 매우 답답할 정도의 기술 후진화를 양산하고 있다. 이는 국외적으로는 이미 기술적으로 발전되어 현장화 되고 있는 선진화, 첨단화, 고급화에 따라 원가 절감형적인 경량화 특성을 갖는 시스템을 국내 현실화하려 할 때 발생하는 충격을 소화 흡수하지 못하는 체계적 문제성을 갖고 있기

때문인 것으로 판단된다. 결과적으로 현재로서는 거의 모든 정밀 생산설비는 외국제품 수입 일편적인 의존성을 갖고 있으며, 건설 분야에서는 1990년대 초의 수준을 크게 벗어나지 못하고 기 설계/시공되었던 과거 시스템의 한계에서 안주하고 있는 보수적 건설 체계를 갖고 있음은 보편화된 사실이다.

향후 진보될 고차 고집적도를 예상하는 Giga급 반도체는 최소 선폭이 $0.1\mu\text{m}$ 정도로 예측되고, 이에 따른 분자오염 분야의 정밀 제어는 상기 최소 선폭의 1/10 수준에 해당될 만큼의 정밀성을 요하게 되는 한편, 구조 진동 분야에서의 미진동 관련 제어는 가속도 또는 속도의 진동수 성분을 제한하는 세밀성까지를 포함되어 시간영역에서 0.015 gal 및 진동수 영역에서 엄격하게는 D.C.~100Hz까지 0.1 gal(rms) 수준을 요구하게 된다. 이러한 환경적인 영향은 1 unit의 Wafer 크기가 8"에서 12"로 점차 대구경화로의 변환이 동시에 요청되어 Wafer의 전달 경로에까지 미진동 영향성에 관한 spec.화가 이루어져 더욱더 기준 준수의 엄격성은 확대되고 있다.

이와같은 다방면한 요구와 조건의 부합 및 결과의 신뢰성을 얻기 위해 연구를 수행하게 된다. 따라서 결과적으로는 연구 개발된 output이 현장화되어 이에 따른 실증이 입증되므로써 완성된다. 그러나 현실적으로 양산 체제에 있는 공장 내부의 연구 활용은 불가능한 일이다. 그 대책 방안으로 차기 라인 개선을 위한 연구용 실험을 위해 별도의 소규모 공장을 구축하고 기본 설비를 장착하여 운용한다는 것 또한 막대한 경비의 지출이 요청되어 실행 계획 자체를 수립한다는 것이 어렵다. 실험실 차원과 현장과의 기본적인

차이는 계획 목적의 설정이다. 실험실 내에서의 주요 관점은 유연성에 있고 현장은 시스템적인 생산 능력에 의존한다. 따라서 이의 상관도 해석 및 결과 예측은 경우에 따른 개별적 소규모 제어와 거시적인 대규모 제어 방식을 연구하고 그 각각의 최적 효율성을 입증한 후 이를 Pilot Plant에 직접 적용하여 그 결과를 새롭게 확보하는 단계적 연구 계획이 있어야 한다. 이와같은 연구과정에 있어서 반도체 공장 및 클린룸 시스템 설계시 요구되는 설계 spec.의 정확한 분석에 따라 방향과 정도의 한계가 규정되므로 무엇보다도 이에 대한 능력배양이 중요하며 이에 따라 연구의 효율성이 증가한다. 따라서 설계 spec.이 의미하는 정확한 내용과 정밀설비가 요청하는 기준이 설계시 과다 또는 과소하게 적용되는 것을 분석하여야 하므로써 결과적으로 경제적이면서 효율적인 시스템 관리가 될 수 있다.

현재 반도체 공장에서의 미진동과 관련된 업무 진행시 현장 실무진들이 고가의 반도체 생산 장비를 수입하면서 납품자 측에서 요청하는 구조물에서의 미진동 충족 시키기 위해 많은 노력을 기한다. 그러나 종종 이러한 요구되는 기준에 관한 분석과 해석 방법에 의한 벤더 대응력에 따라 효율적인 구조 설계가 진행될 수 있다. 따라서 모든 장비 방·제진 대비 기술 분석력을 높이지 않고는 오히려 부적절한 리드를 당하게 된다. 따라서 본고는 반도체 공장에서 미진동과 관련하여 정밀기기에서 요구하는 바닥 진동의 요구조건에 관한 기준의 해석 방법과 이를 이용한 기본 방·제진 개념을 설명하며, 효율적 댐퍼에 의한 진동제어시 댐퍼특성 분별 방법에

관한 기고를 수행하는 데 목적이 있다.

2. 클린룸 요소기술 및 미진동 평가

클린룸 기술을 정상화 하기에는 매우 어렵다. 이는 매우 복잡한 기술들의 연계가 정밀히 이루어져야 하기 때문이다. 대체적으로 기술에의 효율적 접근은 창의적 연구개발과 함께 기존 현장에서의 현황 및 에러에 관한 상세 조사가 뒷바침된다. 결과적으로 현 시스템의 개선 또는 독창적인 시스템의 현장화가 이루어지게 되지만 이를 위해서는 연구개발 부분에 대한 실설계 및 시공 분야에서의 인력들의 능력과 조직적 협력 체계가 기본적으로 형성되어야 한다.

2. 1 클린룸 핵심요소기술

클린룸 요소기술 연구를 위해서는 다음의 표와 같이 크게 네 가지 영역에 해당되는 핵심요소기술들을 효율적으로 연계 시키게 된다. 이들 핵심요소기술 응용의 중대성은 종래의 반도체 공장 시스템이 다량의 에너지와 고가의 초기 투자비가 소요되는 반면 차기 라인에서는 운전비 및 초기 투자비의 경제성에 역점을 두고 있는 새로운 시스템의 창출을 요구하고 있는 관계로 점점 그 입지가 강화되고 있는 실정이다.

(1) Quality

① High Quality : 청정도, 온습도, 기류분포, 실내압력, 조도(照度), 미진동 대책, 소음 대책, 정전기 대책, Cross Contamination 대책, 순도(純度)

② Flexibility : 생산기기 변경 대응, 확장성, 보수성(保守性)

③ Reliability : 연속운전 대책, 고장(故障) 대책

④ 작업성 : 동선계획

(2) Safety

- ① 공해(公害)대책
- ② 노동재해 대책
- ③ 일반재해 대책
- ④ 천재(天災)대책

(3) Owner's Requirement

- ① 차세대 반도체 연구개발
- ② 현 R&D Center의 업무
- ③ 세계적 최첨단 연구소 실적 비교

(4) Delivery

① 품질유지를 위한 적절한 공기(工期)

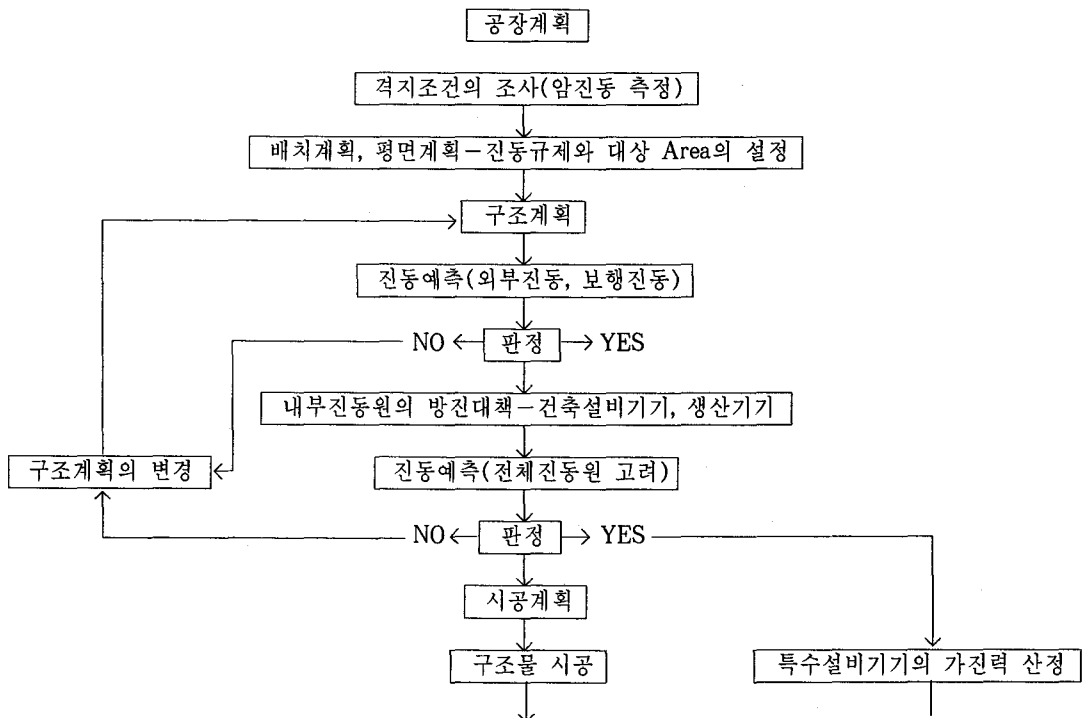
② 공기단축의 도상화 시스템

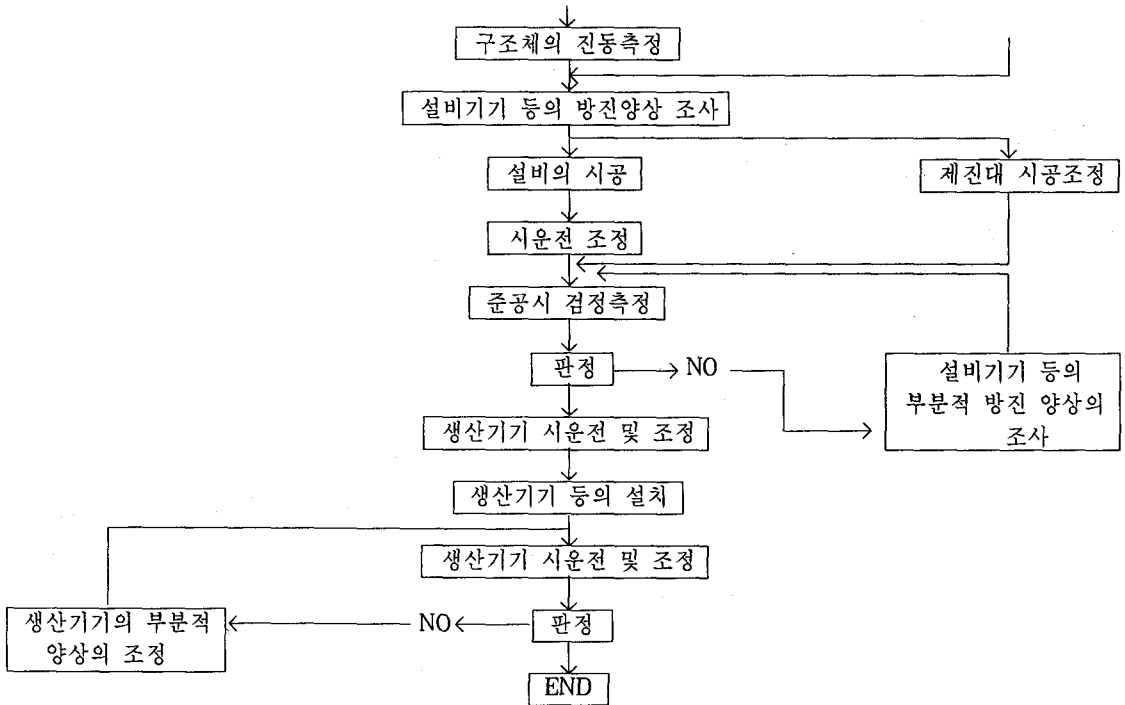
(5) Cost

- ① 초기투자의 최적화
- ② Running Cost의 저감

2.2 미진동 제어 기본구상 및 검증

진동에 민감한 미세 가공공정 설비를 효율적으로 운영하기 위해서는 미진동 제어 공간을 확보하고 또한 이를 위한 기본적인 계획이 있어야 한다. 이러한 기본 계획은 종합적 미진동 제어를 목적으로 하여 조사, 기획, 설계, 시공, 시운전 및 검증의 단계로 구별하여 적용한다. 이와 관련한 미진동 제어에 관한 기본구상은 다음과 같은 흐름에 의해 조절된다.





2.3 미진동 전달경로 평가

정밀공장의 미진동 검토는 외부 및 내부의 진동원에 대한 적절한 대책을 포함하게 된다. 모든 진동 대책은 상기 가진원에 의해 혐진지역에 영향을 미치는 전달 경로에 관한 평가를 확실히 수행하므로써 보다 정확한 대비책이 강구된다. 그러나 전달경로는 이미 존재하는 구조물의 경우, 각각의 가진원에 대한 on/off 방식을 사용하면서 광범위한 정밀 계측 및 분석을 통한다면 그 체계에 대해 어느 정도 평가가 가능해지지만, 향후 계획 중인 새로운 구조물의 경우는 이 예측이 쉽지가 않다. 따라서 설계도서를 포함한 연대적인 실측자료의 확보와 현장 경험 및 새롭게 수행한 해석/실험연구에 의한 검증된 결

과값의 연계 해석 능력을 갖추므로 신뢰성 높은 미진동 평가와 대책이 수립될 수 있다. 일반적으로 정밀공장의 진동 전달은 건물의 부로부터 입력된 지반진동, 건물내부에서 발생하는 기계진동, 조업시 사람 및 물건의 이동으로 인한 작업진동에 따라 정밀기기 주변에서 최종 측정된 진동결과로 나타난다. 이러한 진동측정시 전달경로를 규명하기 위해 종종 이용하는 진동원 또는 수신측에서의 응답만을 이용할 시는 그 명확성이 줄어든다. 이는 복잡한 구조체 및 설비, 배관 등을 거치게 되는 진동파가 최종 전달진동 측정결과가 가진원에서 나타나는 특성을 구별할 정도의 신호특성을 쉽게 나타나지 않는 경우가 대부분이기 때문이다. 그러므로 이들에 대한

전달 경로 및 특성 분석은 현실적으로 활용의 정도가 미흡하나 상기 언급한 가진원 on/off 방식과 거리별 및 구조형상별 순차적인 진동측정에 의한 분석이 중요하다. 대체안으로 큰 가진원의 경우 기지의 실험 구조체를 축성하여 기지의 구조진동 특성을 선정된 후 실험적 모드 해석에 따른 가진력 역해석 및 대상 절점에 대한 응답 결과에 따른 경로 전달 체계의 자료화를 이용하여 경로에 관한 전달 특성을 어느 정도 규명할 수 있으며, 이를 바탕으로 하는 혐진지역에서의 프로그램 해석적 진동 전달량을 예측하게 된다. 대부분의 진동 해석법은 뼈대구조의 방진과 진동전달 경로의 거리감쇠성을 고려한 스펙트럼 평가법으로 검토한다. 이는 각종 외부 진동원에 대한 각종 응답식을 합성 종합 평가하는 때의 전달처리에 있어서 편리하게 평가할 수 있다.

3. 반도체 정밀기기의 Vibration Requirement

고차 직접회로의 정도가 더욱 높아짐에 따라 기기 기초상에서의 미진동 요구 기준은 시간영역에 대한 규제로부터 진동영역으로의 규제로 그 중심점을 변환하고 있다. 이는 반도체 클린룸이 Giga급 슈퍼화 되어감에 따라 생산기기의 개발 및 시스템 변화에 따른 요구 기준의 엄격성을 그대로 반영하고 있는 결과이다.

3.1 포괄적 정밀기기 진동 허용 범위

대부분의 클린룸 바닥은 격자보와 상부 Steel Frame 및 Access Floor로 구성되며 격자

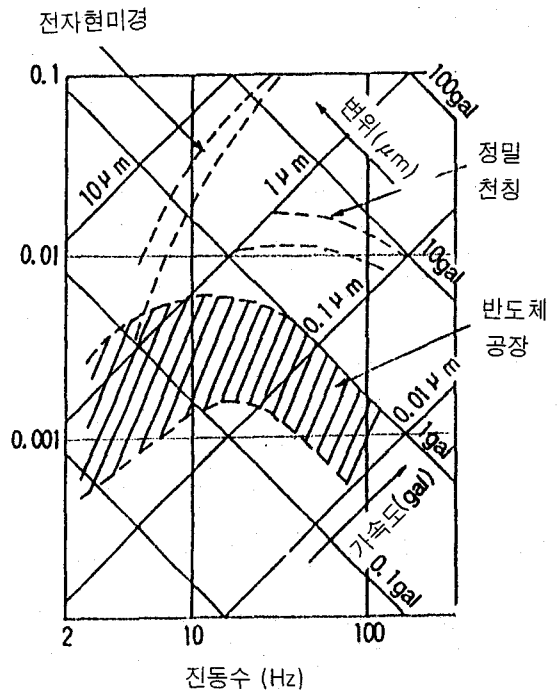


그림 1. 진동 물리량의 상호간 미진동 허용치

보와 직접 접촉하고 있는 기기의 독립 기계 기초와 격리되어 진다. 이는 내부 작업자의 이동 및 내부 운송용 Robot의 움직임을 포함한 기타 많은 진동원에 노출되므로 그 영향을 최소화 하는데 목적이 있다. 이와 함께 주요 힘진 정밀기기가 놓이게 되는 바닥의 수평 및 수직 공진 진동수 영역은 기기 진동 허용 기준에서 제시되고 있는 4Hz~100Hz 보다 충분히 큰 상태로 전환되도록 설계하는 것이 보통이다.

정밀기기에 관한 포괄적인 진동 허용에 관한 보고는 자주 접할 수 있는 것은 아니다. 그림 1에서 제시하고 있는 포괄적 의미의 진동 허용치에 대한 보고는 반도체 공장 내부

의 정밀기기, 정밀천칭, 전자 현미경 등에 관한 허용 범위에 대해 설명하고 있다. 이는 진동수 영역에서 가속도, 속도 및 변위에 관한 상관 규정이나 진동수-가속도, 진동수-속도, 진동수-변위의 각각 1:1 관계가 다른 관계로의 전환시 정확한 값을 갖지는 않는다. 이는 진동 신호가 단위 진동수를 갖고 있어서 가속도-속도-변위로 이론적으로 진동 신호가 적분에 의해 변화시 위상의 변화가 각각 0도, 90도, 180도의 차이를 갖는 배경 하에는 서로의 상관관계가 이루어 지겠으나, 실 현장에서의 진동 흐름이 매우 복잡한 상황을 고려한다면 진동 신호 상호간의 결합

력은 매우 약하다고 볼 수 있다.

다음의 그림 2에서는 Microelectronics Facilities에 대한 진동 기준을 예시하고 있다. 여기서는 진동 기준을 진동수-진동속도와의 기준으로 명시하고 있다. 과거 국내의 경우는 진동 속도에 대한 기준을 잘 사용하지 않았으나 현재 점차 이러한 기준과의 연계가 요구되고 있는 경향이 있다. 앞에서도 기술 하였으나 진동 물리량의 변화는 상호 연관지어 산정하기가 어려우므로 이에 관한 사전 지식 습득으로 효율적 관리가 될 수 있도록 유의하여야 한다.

- Criterion A-Probe Test Equipment. 100X Microscopes
- Criterion B-500X Microscopes. Aligners. Steppers to 5 micro-meters Geometries
- Criterion C-1000X Microscopes. Aligners, Steppers to 1.5 micro-meters Geometries
- Criterion D-Stoppers, E-Beams to 0.3 micro-meters Geometries. CD Inspection Equipment. Most SEM to 50,000X
- Criterion E-Anticipated Adequated for Future Fabrication and Test Equipment for Low Submicron Geometries

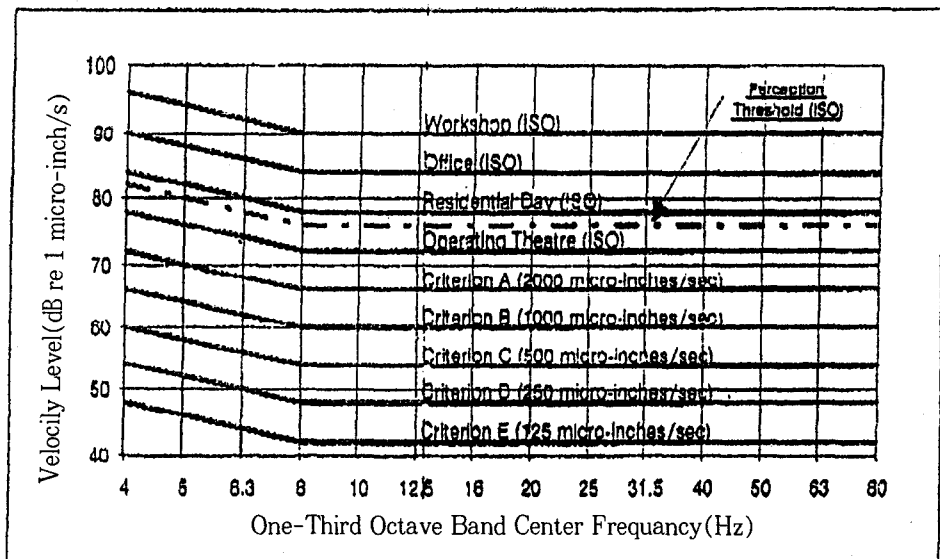


그림 2. Microelectronics Facilities에 대한 진동 허용 기준

3.2 기기별 미진동 허용기준 및 경향분석

반도체 발전에 따라 관련 정밀 생산기기의 설치가 점차 증가하면서 진동 허용치에 관해서도 좀더 엄격해지게 되어 이들의 미진동 제어에 관한 관심이 크게 대두된다. 상기 포괄적인 진동 허용 기준을 바탕으로 정밀기기는 생산자가 규정하는 이러한 허용 경향은 기기의 고급화에 따라 또는 환경의 변화에 따라 기기별 제한 규정을 갖는 것이 일반적이다. 따라서 기기 종류에 따라 각 모델이 제시하고 있는, 통용적으로 사용되고 있는 규정치들은 사용자의 필요에 따라 변환되고 복잡화 되어 상황에 맞는 기준의 정립이 요

구된다.

그림 3은 Perkin-Elmer Micralign Model 341의 기초 변위에 관한 기준이다. 실선은 수직진동에 관한 규정이고 점선은 수평에 관한 진동 기준이다. 그림 4는 Mann Type 4800 DSW Wafer Stepper의 진동속도에 관한 규정이다. 실선은 수평진동, 점선은 수직진동에 관한 규정이다. 그림 5는 Philips Electrion Beam Pattern Generator Beamwriter EBPB-4의 진동속도에 관한 규정이다. 여기서는 안전 영역, 불확정 영역 및 비안전 영역으로 구분한 것이 특징이다.

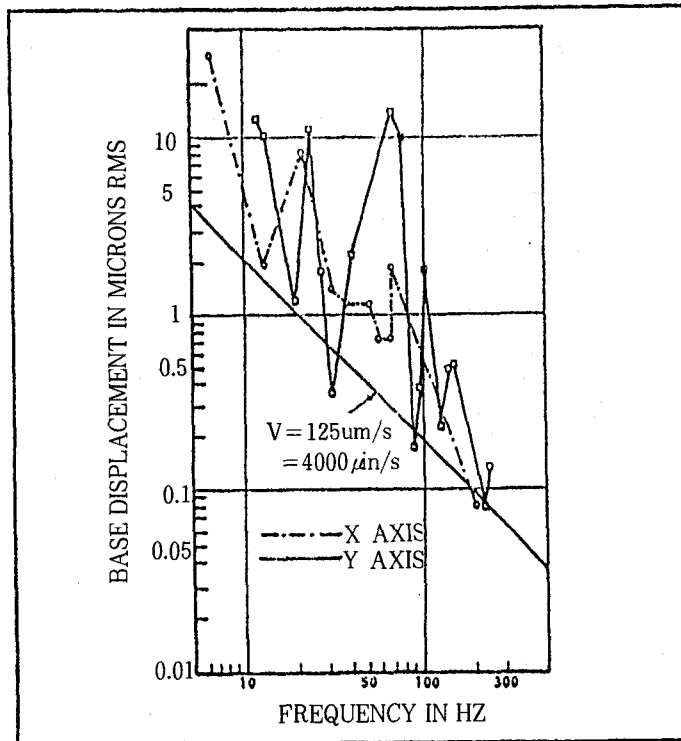


그림 3. Perkin-Elmer Micralign Model 341의 변위허용기준

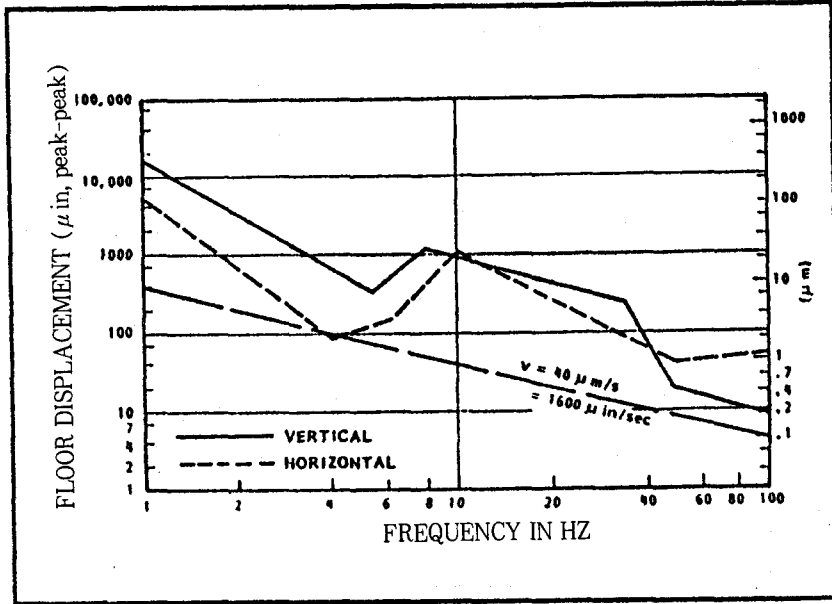


그림 4. Mann Type 4800 DSW Wafer Stepper의 진동속도 허용기준

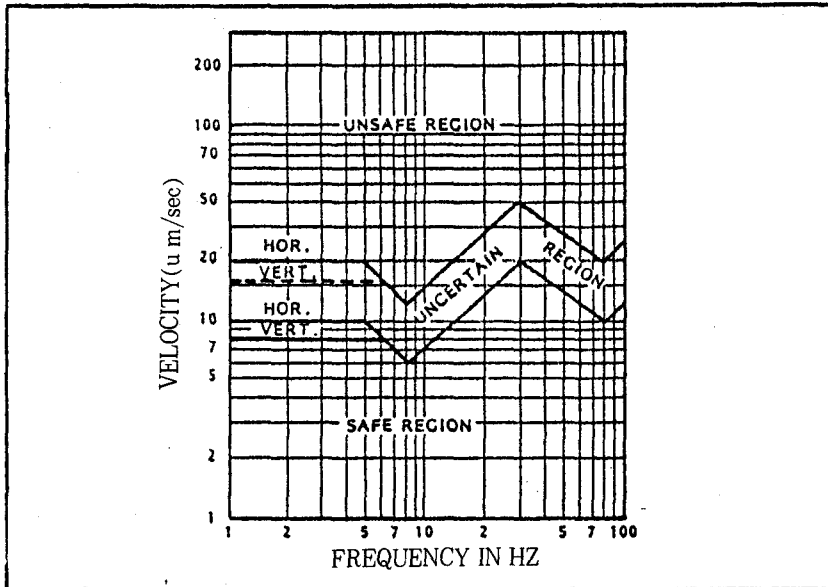


그림 5. Philips Electrin Beam Pattern Generator Beamwriter EBPG-4의 진동속도 허용기준

일반적으로 클린룸 내에서 가장 진동에 민감한 정밀 생산기기는 Stepper 또는 Scanner 및 전자 현미경 등이다. 국내 반도체 3사에 수입되어 사용되거나 앞으로 사용할 장비는 각 회사별로 다를 수는 있겠으나 주로 ASML, Canon, Nikon, Microscan, REM, Hitachi, KLA, TEM 등의 제품을 들 수 있다. 특히 ASML 제품과 같은 최근 반도체 관련 정밀기기 특성은 과거의 Stepper 내의 하판(W. Stage) 운동방식에서 Scanner 형식화되면서 상판(R. Stage) 및 하판(W. Stage)의 동시 운동방식으로 전환하므로써 미진동에 대한 보다 정밀한 제어가 요구된다. 이에 따라 기기 내부에서 능동제어(Active Control)를 이용한 1점 미진동 제어 체진대를 자체적으로 갖추기도 한다. 이는 청정도 유지를 위한 기기내 청정도 유지 Box를 내장하는 것과 동일한 정책이다. 이렇게 기기의 정밀도가 점차 높아갈 수록 소규모 클린룸을 기기실 내부에 설치하는 개념으로 전환되고 있으나 아직도 정밀 기기 Cabinet 외부에서의 미진동 규정은 그 강도를 줄이지 않고 있음은 생산품의 질적 수준이 상당한 수준에 있음을 증거하고 있다.

도표 1은 고차원 특정 전자현미경(SEM)에 대한 진동 spec.의 일 예이다. 여기서 제시된 진동 변위 규정에 있어서 1 Hz 이하의 낮은 진동수 성분에 대한 제어는 현실적으로 매우 어렵다. 이는 다른 영역의 진동 제어도 유사한 경향을 갖는다. 그러나 제어 대상이 되는 기기의 Mass에 따라 제어재의 변화가 있을 수 있고, 또한 적절한 Mass와 Control Logic 및 시스템이 구성된다면 이 이하에서

도 제어가 가능하다. 그 일 예로 이와같은 전자현미경의 경우 Air Spring을 이용한 Active Control 방식으로 2~4점 제어를 유도하면서 0.15 Hz 까지 제어가 가능하다. 단 이의 활용은 부대적으로 제어형 시스템의 공간 확보가 현장 조건화 된다. 이 기준표를 활용할 경우 기준 진동수와 진동수 사이의 기준량은 보간법에 의한 기준 산정이 가능하다. 여기에서 제시된 것과 다른 전자 현미경의 현장 실측 자료에 의하면 방진재를 거친 후 전자 현미경 고정대 상에서 18 Hz 성분만이 탁월하게 나타나는 진동 특성을 갖기도 한다. 이는 장비의 제진 장치에 따라 그 크기의 차이가 명확히 나타나게 되며 여기서 실측된 상기 전자 현미경의 경우 자체 탁월 진동수가 체진대를 지난 상판 진동수와 공진 현상을 일으키지 않는 영역에 있었기 때문에 이에 대한 예러의 여지는 없다. 단 아래에서 제공하고 있는 표의 10 Hz 이상에 대한 기준이 제시되어 있을 경우 상기 실측된 전자 현미경 제진방식 또는 제진량은 사전에 충분히 검토 및 검증 되어야 한다. 본 도표는 특

표 1. 특정 전자 현미경의 허용진동 spec.
(일본 제품)

Oscillation Frequency	Displ. Amplitude
1 Hz	3 μ m p-p max
2 Hz	0.7 μ m p-p max
3 Hz	1.2 μ m p-p max
4 Hz	2 μ m p-p max
5 Hz	3 μ m p-p max
10 Hz	3.5 μ m p-p max

정한 전자 현미경에 대한 자료이므로 모든 전자 현미경에 보편 타당하게 적용 되지는 않음을 양지하기 바란다.

다음의 그림 6은 특정 KLA 시스템에 관한 진동 허용치를 예시한 것이다. 여기서는 변위와 가속도에 관한 진동 기준을 제시하고 있다. 상당히 큰 진동수에서의 기준까지도 제시하고 있는 본 기준표는 변위 기준량을 볼 때 의외로 낮은 진동수 성분에서의 기준량이 높은 진동수 성분에서의 진동 기준량보다 상당히 큰 경향을 보이고 있는 것이 일반 다른 기기에서 잘 나타나지 않는 성질임을 알 수 있다. 이는 본 기기에서는 고진동수에서 아주 작은 량의 진동이 허락되지 않으므로 1 pole 방식의 제진장치에 의해 많은 효과를 볼수 있으나 100 Hz에서 0.4 μm 이하, 1000 Hz에서 0.004 μm 이하의 제어는

그리 쉽지 않은 진동량이다.

Scanner 기기는 가장 진동에 민감한 반도체 생산 설비이다. 과거 이러한 기기에 대한 진동 기준은 시간 영역의 진동량(정도에 따른 가속도량 1 gal, 0.15 gal 또는 변위량 1 μm , 0.13 μm 등)과 진동수 영역에서의 진동량(4 Hz~100 Hz까지 0.4 gal 등) 및 더 나아가서는 PSD(Power Spectrum Density)함수를 이용한 기준을 겸하여 제시하였고, 이를 이용한 설계에의 반영을 수행하거나 특별 방·제진 또는 구조 강성 보강 작업을 행하기도 한다. 기기의 운영 방식이 Wafer Stage 와 Reticle Stage의 상호 동시 운동방식은 진동 기초에의 진동 특성 보장에 대한 요구가 크게 증가 되기도 한다. 이에 따라 최근 진동 기준에 관한 해석 방식도 점차 변화되어

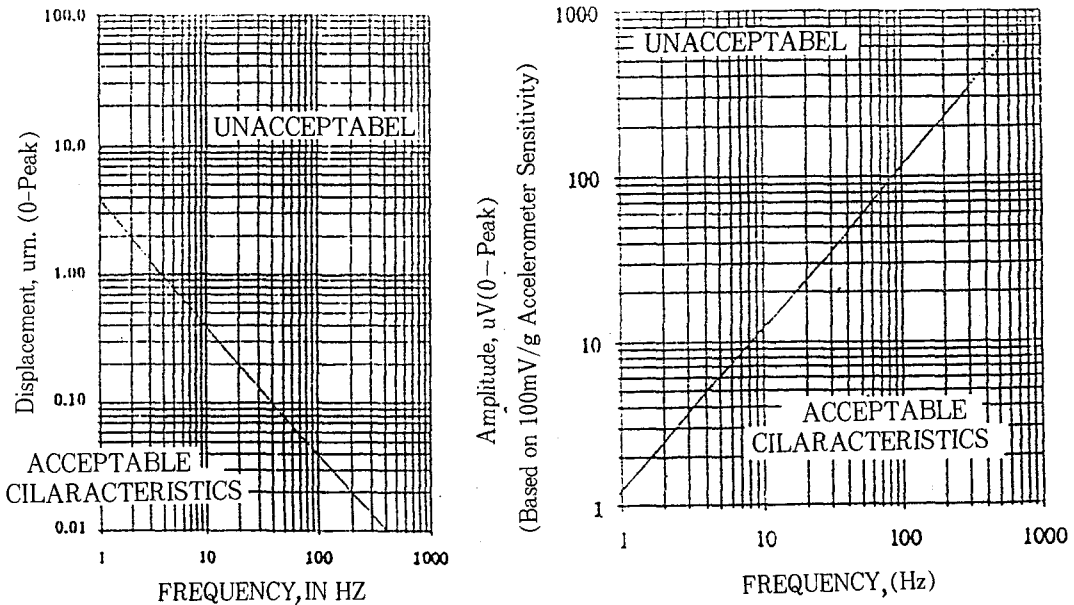
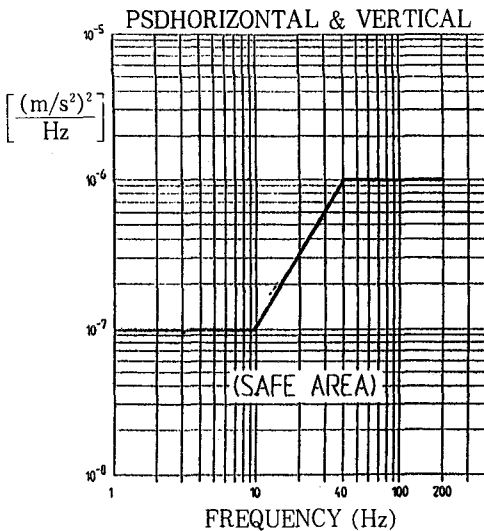


그림 6. 특정 KLA 시스템의 허용 진동 기준

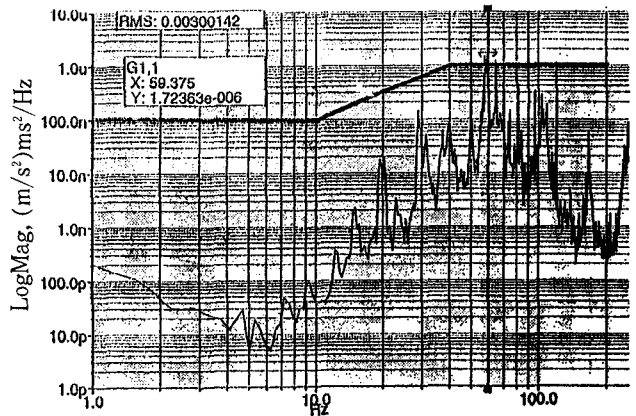
Stiffness(N/m)을 활용하는 방안이 제시되고 있다. 이러한 방식은 기기와 연계된 구조계의 구조적 성향과 재료적 성향을 모두 포함한 결과로 나타나는 지수이므로 초기 설계 방식의 변화나 미진동 성능 평가에 관한 방식의 변화까지도 요구한다. 다음의 그림 7에 도시되는 허용기준표는 특정 Scanner에 해당되는 기준이며 동시에 이를 기준으로 하는 측정 결과의 예시를 보이고 있다. 종종 Stiff-

ness에 대한 기준량은 각 기기의 정도 및 용도에 따라 달라지지만 일반적으로 각 방향, 수직 및 수평 방향에 대해 1x108 N/m의 수준을 요하는 경우가 많다. 따라서 현장에 대한 성능평가 자료는 Stiffness, Mass, Damping 등에 대한 자료로 구성되어 분석된다.

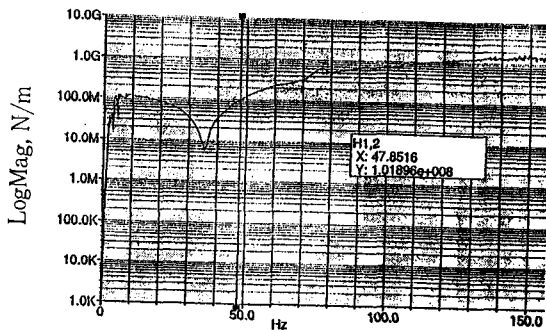
그림 8에서는 Nikon 계열 및 Canon 계열의 특정 정밀기기 미진동 관련 허용기준을 예시하고 있다.



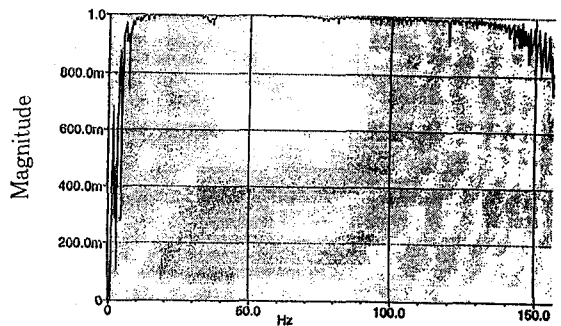
(a) Scanner PSD 진동 허용 기준



(b) PSD 함수에 의한 측정결과



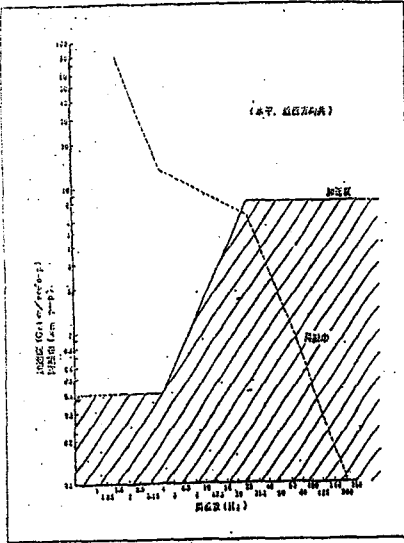
(c) Stiffness 산정자료(Stiffness)



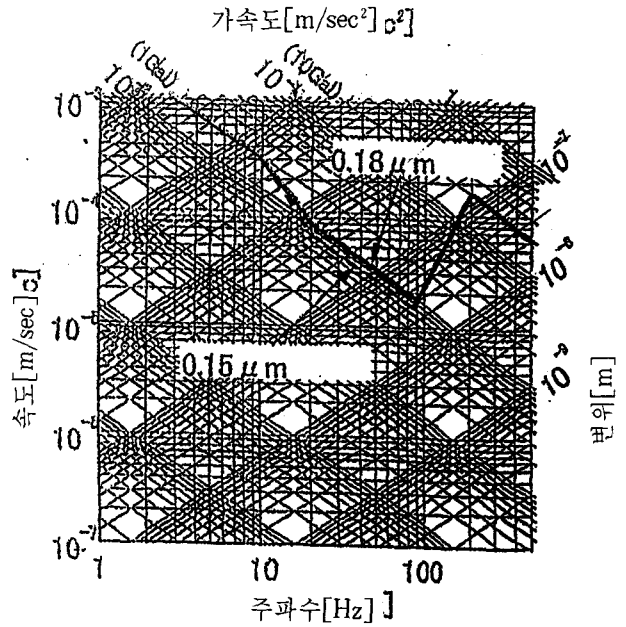
(d) Stiffness 산정자료(Coherence)

그림 7. Scanner 기기의 허용진동 기준

0.1Hz : 0.4gal 이하
 0.1Hz~250Hz : 4Hz 0.4gal と 250Hz 0.4gal の間は、下のグラフ上で比較する以下のこと。
 250Hz~2500Hz : 0.4gal 이하



(a) Nikon 기기의 진동기준



(b) Canon 기기의 진동기준

그림 8. 특정 Nikon 및 Canon 기기의 허용진동기준

3.3 미진동 허용기준의 통합비교

이상과 같이 정밀기기의 제품별 미진동 허용 기준에 대해 도표화된 기준을 알아보았다. 각각의 기준표는 개발사의 요구조건에 따라 진동수 변화에 대한 구조체에서의 진동 변위, 진동속도 및 진동 가속도에 따라 개별적으로 제시하고 있고, 이에 따라 이를 이용한 구조체 설계를 위해서는 일률적인 Guide Line을 선정하기위해 자료 분석력 및 설계 응용력이 뒤따르게 된다. 이와 관련하여 종합적인 미진동 양상의 변화를 다음의 그림 9를 통하여 알아볼 수 있다. 본 도표의 진동 기준은 진동수에 따른 진동속도량(rms value)으로 표기되며, 1/3 Octave Band에 의

한 분석을 기준으로 한다. 총 15 가지의 정밀기기에 대해 비교된 자료로 향후 반도체 관련 정밀기기의 방·제진을 위해 자료 활용도를 높일 수 있으리라 판단된다.

상기 기준들은 전반적으로 반도체 관련 정밀기기의 구조체에서 요구하는 허용 미진동량이 최소 8 μ m/sec에서 최대 10000 μ m/sec의 수준을 요구한다. 그러나 특별한 두 가지 제품을 제외하고는 최대 1000 μ m/sec의 값을 갖으며, 진동에 대해 가장 영향을 많이 받을 수 있는 진동수 영역(4 Hz~30 Hz)을 고려한다면 미진동량이 8 μ m/sec~500 μ m/sec 정도임을 알 수 있다. 이를 3.1절의 두 번째 Microelectronics Facilities의 허용 진동

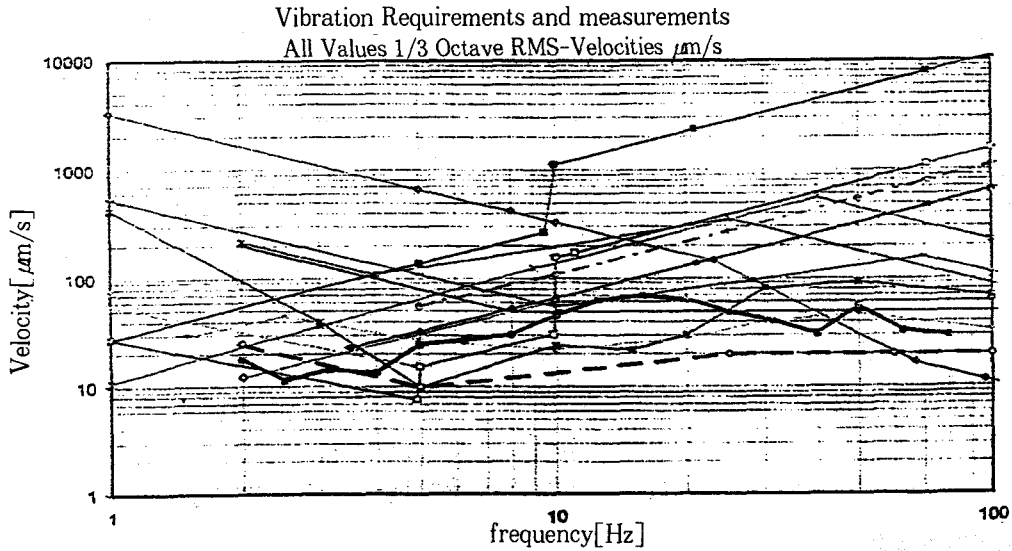


그림 9. Comparison of Vibration Criteria

기준과 비교하여 볼 때, 본 도표에서 제시된 기기의 수준은 Criterion D 급에 속하는 것으로, 본고에서 제한한 SEM~Stepper 및 Scanner 수준의 기기에 대한 범주에 속함을 증명하고 있다.

4. 맺음말

지금까지 반도체 공장 클린룸에서 정밀기기의 바닥 기초에 대한 미진동 기준에 대해 설명해 왔다. 머리말에서 잠깐 언급된 바 있으나 기기의 고정밀화는 Track에서까지의 미진동 또한 매우 큰 관심의 대상이 된다. 이러한 양상에 대응하기 위해서는 일부 국한된 미진동 제어 방식과 전반적인 구조 형식의 발전이 있어야 한다. 국내 3사의 반도체 공장 시스템은 고진동수화를 목적으로 한 시스템으로 많은 물량이 제공된 고가의 플랜트 구조물이다. 선진화의 클린룸 구성 기본원리

는 합리적이면서도 경제성 있는 구조물의 형성이라고해도 과언이 아니라 판단된다. 따라서 이제는 계속적인 과거 지향적인 구조 시스템을 탈피하고, 이미 선진국에서 실용화하고 있는 경량화 구조체 및 국부적인 고기술 방·제진 시스템의 병용화로의 변화를 조기에 도입 및 국내 기술로 연구 발전 시켜야 한다. Scanner에 있어서 외국에서는 능동제어에 관한 실 기기화가 현재 장비회사에서 발전시켜 이를 현장화 하고 있음을 밝혔다. 이러한 정도의 연구 기술은 국내에서도 충분히 개발 가능한 수준에 있다. 현재 장비의 내부 시스템에 대해서 많은 부분을 비밀 아닌 비밀화 하고 있는 외국사의 정책을 실무 담당자들은 재고하여 가능한 한 국내의 기술진들을 통한 연구 개발화 할 수 있는 기회를 창출하여야 한다. 결론적으로 반도체 클린룸을 포함한 전자공장, 무전기 부품공장, 수술실, 가속기 실험실, 터빈 실험실, 운전기, 정

밀 방적기 등등의 산업과 관련된 분야에서는 보다 첨단화되고 선진화된 미진동 제어 시스템을 구축 하도록 관련자 서로가 노력하여야 함을 재차 강조하고 싶다.

-참고 문헌-

1. Hallen fur Mikroelektronik (Reinraumhallen Munchen-Perlach, Regensburg und Munchen, Balanstra ße) Baumeister 3/1988
2. 이호범 : 「반도체 공장 클린룸 구조에서의 미진동 연구」, 공기청정기술, 1992년 6월
3. Eric E. Ungar, Douglas H. Sturz and C. Hal Amick : 「Vibration Control Design of High Technology Facilities」
4. Colin G. Gordon : 「Vibration and Noise Control in State-Of-The-Art」

뉴스

이상기후속 공기 청정기 시장 '후끈'

라니나 현상에 따른 이상기후로 호흡기질환·알레르기성 질환 등에 대한 우려가 높아지면서 공기청정기 시장이 꿈틀거리고 있다.

여기에 심각한 공기오염은 물론 하루중 80% 이상을 생활하는 실내가 옷·가구·냉난방 시스템 등에서 뿜어져 나오는 불순물로 가득차 있다는 사실에서도 공기청정기에 대한 관심이 높아지고 있다.

- 국내 공기청정기 시장은 국·내외 업체를 모두 합해 30여개사가 각축을 벌이고 있다. 이 시장 규모는 연간 12만대 정도로 추정되고 있으며 가장 많이 팔리는 12~20평형 50만원대 제품을 평균가격으로 삼는다면 금액으로는 600억원 가량이다. 삼성·LG·대우전자 등 가전빅3가 잘 갖춰진 유통망을 통해 매출에서는 앞서고 있지만 LG만이 자체 생산설비를 갖추고 있을 뿐 나머지, 두회사는 OEM공급을 받고 있어 국산 제품은 거의 중소기업에서 생산하고 있는 셈이다.
- 공기청정기 선택은 우선 정화방식을 살펴봐야 한다. 각 업체마다 자사제품의 우수성을 말하고 있지만 이온식은 팬이 없어 정화할수 있는 범위가 작으며, 필터가 들어가는 제품은 유지비가 드는 단점이 있다고 전문가들은 지적하고 있다. 또 하루종일 켜 놓아야 하는 특성을 감안해 전력소비량을 체크하고 제품수명도 꼼꼼히 챙겨야 한다.

공기청정기의 보급을 가로막는 가장 큰 요인은 10배나 더 크고 구조도 훨씬 복잡한 냉장고와 가격이 비슷할만큼 비싸다는 것이다. 첨단기술에 대한 사용료라고 업계는 말하고 있지만 정부나 소비자단체가 원가분석을 통해 적정가격을 매겨야 한다는 주장도 제기되고 있다. 특히 방문판매 업체의 제품에는 다단계 판매에 따른 수수료가 제품에 반영돼 있다는 지적을 받고 있다.