

첨단 정밀가공/생산설비의 다축 통합제진마운트 기술 개발

Development of multi-axis integrated mount for isolation of vibration using high technical facilities of precision machining/production

이강원†·김철호*

Kang-Won Lee and Cheol-Ho Kim

1. 서 론

첨단 정밀 가공/생산 장비에서의 미세 진동 및 내부 동하중 이동에 의하여 발생하는 진동 안정화 시간의 증가는 생산성 저하를 유발시키는 주요인이 되며 또한, 제품의 균일성 저해로 인한 품질저하에 지대한 영향을 미치고 있다. 특히 종래의 마이크로 가공생산에서 최근 Nano 가공 및 검사가 주력 제품(반도체, FPD 및 나노 제품) 생산 기술로 변모하면서 진동에 대한 이와 같은 문제는 더욱 심각해지고 있다.

기가급의 메모리칩(DRAM)을 생산하기 위해서는 0.23~0.1 μ m 이하의 회로 선폭을 가공할 수 있는 기술이 요구되고 있으며, 그림 1과 같이 반도체 기술이 장비 개발 속도를 추월한 상태에 있는 현재의 나노 생산 공정에서는 이 보다 정밀한 가공기술이 필요할 것으로 예상된다.

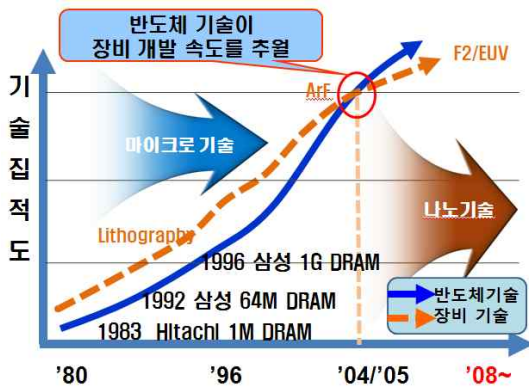


Fig. 1 Paradigm of precision technology

이러한 고집적 반도체 제품의 가공과 검사를 위해서는 가공 선폭 이상의 분해 성능을 갖춘 초정밀 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.

본 연구를 통하여 개발하고자 하는 통합제진마운트는 정밀 가공/생산 장비의 진동을 최소화하기 위하여 생산 장비에 전달되는 외부 진동 원 (상존하는 지각 진동 및 주변 장치의 움직임으로부터 발생하는 진동)과 장비 내 구동부의 운동에 따른 내부 진동 원으로부터 발생하는 진동을 차단(방진) 및 제어(제진)하는 복합적인 기능을 갖는 시스템을 의미한다. Fab. 내의 배관, 송풍기 등의 설비에 의하여 발생하는 중고주파 진동은 수동형 제진기를 이용하여 장비로 전달되는 것을 차단할 하며, 구조물 고유 진동이나 장비 자체의 강체 거동의 고유 모드 같은 낮은 주파수의 진동은 능동형을 이용하여 제거할 수 있는 시스템 개발을 목표로 한다.

2. 본 론

2.1 가진원

정밀 장비를 다루는 일반적인 반도체 Fab. 내의 정밀 장비의 진동 문제에 대한 가진원은 크게 Base 구조, 주위 유틸리티, 주변 장비 진동 그리고 장비 주변 이동 중량을 들 수 있다. 100 Hz 이상의 진동은 에어 스프링의 역할을 통하여 99% 차단이 되지만, 그 외 대역의 진동들은 완벽하게 차단하지 못하여 0.1 Hz에서 50 Hz 이상의 진동 주파수 성분대가 영향을 미치게 된다.

다른 중요한 가진원의 경우로 내부 하중의 이송/정지에 따른 관성력에 의한 진동으로 이 경우는 순간적으로

† 주저자; 정희원, 한국생산기술연구원
E-mail : ggang@kitech.re.kr
Tel: (053) 585-3351, Fax: (041) 589-8460

* 정희원, 한국생산기술연구원

발생하는 성분이기 때문에 현재까지는 차단하기 보다는 진동이 감소할 때까지 공정을 잠시 정지 후 구동하고 있는 실정이다. 다음 표 1에 이러한 가진원의 종류와 그에 대한 주파수 대역을 정리하였다.

Table 1 Vibration source and frequency range

	Source	Frequency range	etc
External source	Base structure	0.1~12 Hz	Structure vibration mode
	Around utilities	20~50 Hz	Air conditioner, Motor
	Around machine	> 50 Hz	Pipe, Rotational device
	Around moving mass	Broadband vibration	Robot, Human
Internal source	Moving mass of internal load	Transient vibration	Increase of time and badness

2.2 반도체/FPD 분야의 피해 사례

반도체/FPD 장비는 매우 고정밀하게 다루어지고 있어, 주변의 진동이나 충격에 아주 민감한 고장 및 품질 불량 발생하고 있다. 국내 회사들은 자신들의 손해에 대하여 외부에 공표를 하고 있지 않지만, 2008년 발생한 중국 쓰촨성 지진 여파로 인하여 국내 반도체 업계의 고정밀 장비의 고장이 발생하여 수차례 수리한 경우가 있으며, 반도체 Fab. 내 주변 장치의 진동에 의하여 연간 수 백 건의 품질 불량이 발행하고 있는 것으로 예상된다. 또한 검사 장비의 제진 미흡으로 인하여 품질 검사 오작동이 연간 수 십 건이 발생하며 미세진동에 의한 품질 저하가 수 십 건이 발생하고 있다. 이러한 고장 및 성능 불안 및 고장으로 인한 가동률 저하로 인하여 연간 1000억원 이상의 원가 상승이 추정되고 있다.

2.3 장비 내 파도 응답의 영향

장비의 대형화가 진행됨에 따라 정밀한 장비의 운영 시 외부에서 발생하여 영향을 주는 환경 요인 외에 내부에서의 발생하는 환경 요인과 이 요인으로 인하여 주변 장비에 영향을 주는 경우가 발행하고 있다.

그림 2는 장비 내에서 발생하는 관성력을 측정하는 것으로써 보는 것과 같이 800 kgf 이상으로 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 내부 관성력에 의하여 자체적으로 진

동이 발생하며 이러한 진동이 일정 크기로 작아지는 동안 공정이 진행되지 못하여 생산량이 크게 줄어드는 실정이다.

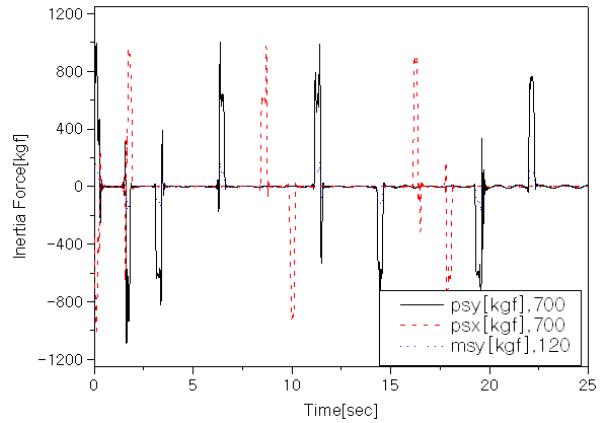


Fig. 2 Inertia force by moving mass

2.3 통합 계진 마운트 시스템

수동형 진동제어방식은 마운트나 댐퍼 등과 같이 강성이 유연한 장치를 이용하여 진동 및 충격을 상쇄시키는 방식이며, 일반적으로 수십 Hz 이상의 중고주파 진동 및 충격에 효과적이지만 구조물 또는 장비 자체 강체거동의 고유 모드가 존재하는 저주파 진동제어는 매우 어려운 실정이다.

한편 능동형 진동 제어방식은 센서로 측정되는 외부 진동을 제어기의 알고리즘을 이용해 액츄에이터의 진동으로 발생 진동을 상쇄시키는 방법으로 제어를 수행한다. 이러한 능동형 진동제어는 복잡한 센싱 신호의 고속처리 기술, 신호의 최적화를 위한 필터링 기술, 최적화 제어 기술, electro-magnetic 액츄에이터의 적용에 의한 고성능 능동제어 기술 등의 고급기술이 필수적으로 요구되지만 비교적 공장 구조의 큰 강성증가 없이 진동을 제어할 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점들을 집약시켜, 세계적으로는 광대역 진동에 대한 방진용 시스템은 능동형 제어가 어려운 중고주파 대역은 수동형이 담당하고 수동형으로 효율 높은 방진이 어려운 저주파수 대역은 능동 진동 제어를 담당하는 능동형 제어방식을 조합한 하이브리드 형태의 기술이 적용되고 있다.

내부 발생 진동 즉, 장비 내에서 이동과 정지를 반복하는 하중에 의하여 발생하는 진동은 생산 시간을 증가시키는 요인 중 하나가 되며, 이로 인하여 생산성 저하 및 제품의 정밀도를 저하시키는 원인이기도 하다. 이러한

정지 시 발생하는 잔여 진동은 반능동형 제진기를 이용하여 빠른 시간 내에 진동을 제거하여 생산성 및 정밀도 향상에 기여할 수 있을 것이다.

이러한 내용을 통합적으로 구성한 그림 3과 같은 제진 시스템은 반도체, 디스플레이 및 나노가공 장비의 성능을 결정하는 핵심 기술 및 부품으로 단순 기능 제품이 아니라 각 장비의 사용 환경 및 성능특성을 고려한 전문적인 관련 지식을 요하는 지식기반형의 고부가 가치화 산업이라 할 수 있으며, 초정밀 가공·검사 장비를 구성하기 위한 기본 Platform으로의 역할을 수행하게 된다. 또한, 예측하기 어려운 내·외부 진동 외란으로부터 장비의 최적 성능을 유지하도록 하는 기본 시스템이기도 하다.

3. 결 론

본 연구를 통하여 개발되는 통합 제진 마운트 시스템은 최대 40 dB 이상의 방진 성능과 20 dB 이상의 제진 성능을 가지게 되며, 세계적으로 최고인 200 ms의 안정화 시간을 50 ms까지 감소시켜 품질 향상과 생산량 증가를 가져올 것이며, 또한 통합 제진 시스템 외에 최대 2000 N의 반능동 제진기와 500 N 이상의 능동형 가진기의 단품 개발을 통하여 원천 기술을 통합하는 지식 기반형 산업으로 육성하여 첨단 정밀가공/생산 장비의 핵심 부품이 될 수 있을 것이다.

수동형, 반능동형 그리고 능동형 가진기의 최적의 조합을 이용한 통합 제진 마운트 시스템 시장은 세계적으로 약 16% 증가율을 가지고 증가하고 있으며, 국내에서도 11.8%의 증가율로 증가하고 있다. 이러한 추세로 간다면 2018년도에는 약 수천 억 원의 수출 및 수입대체 효과를 가져 올 것으로 판단되며, 부품 엔지니어링 분야 또한 넓은 시장을 확보하리라 판단된다.

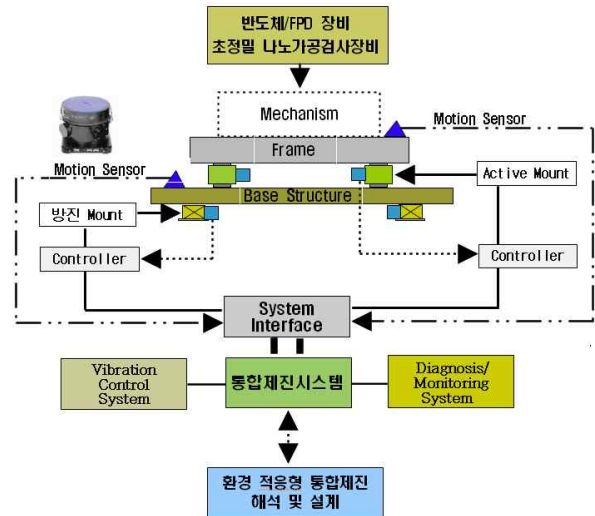


Fig. 3 Multi-axis integrated mount for isolation of vibration

후 기

본 연구는 지식경제부의 중장기산업기술개발사업으로 진행되고 있으며, 관계자 분들에 깊은 감사를 드리는 바입니다.