

# 반도체 장비의 미세진동제어를 위한 MR 댐퍼의 설계

## Design of MR Damper for Tiny Vibration Control of Semiconductor Equipment

\*성민상<sup>1</sup>, #최승복<sup>1</sup>, 김철호<sup>2</sup>

\*M. S. Seong<sup>1</sup>, #S. B. Choi(seungbok@inha.ac.kr)<sup>2</sup>, C. H. Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 기계공학과, <sup>2</sup>한국생산기술연구원

Key words : MR Damper, Vibration Control, Semiconductor Equipment

### 1. 서론

반도체 생산 분야와 같은 세계 기술을 선도하는 국내 성장 동력분야에 있어서 발전 방향의 큰 줄기는 장비의 대형화, 집적화, 다기능화 등으로 요약될 수 있다. 이를 구현하기 위하여 첨단 초정밀 가공 / 생산 / 검사장비에서 요구되는 정밀도가 점차 높아지고 있으며, 이에 따라 정밀도를 저해시키는 주변 미세진동 및 장비 자체에서 발생하는 진동의 제어가 중요한 문제로 부각되고 있다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 일반적으로 공기스프링과 같은 유연한 탄성 받침을 방진재로 사용하고 있다. 그러나 최근 초정밀 장비의 진동 허용치가 매우 엄격해지고 장비 자체의 이동질량에 의한 동하중이 큰 진동원으로 작용하면서 방진만으로는 진동 허용치를 만족시킬 수 없게 되었다. 따라서 외부에서 제어력을 가해줄 수 있는 위치제어 및 진동제어 시스템의 개발 및 적용이 시급히 요구되고 있는 실정이다. 이를 위해 다양한 연구가 수행되었으나 기존의 고무 마운트를 이용한 반응동 마운트의 경우 고무의 탄성 특성에 의한 방진에 한계가 있고, 능동형 가진기를 이용할 경우 크기에 비해 발생력이 작으며 작동변위에 제약이 발생한다. 이에 따라 초정밀 장비에 적합하고 대변위 움직임에도 적용할 수 있는 반응동형 가진기에 대한 연구 필요성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 반도체 장비의 진동을 제어할 수 있는 새로운 형태의 반응동형 MR 댐퍼를 제안하고, 이의 설계안을 제시한다.

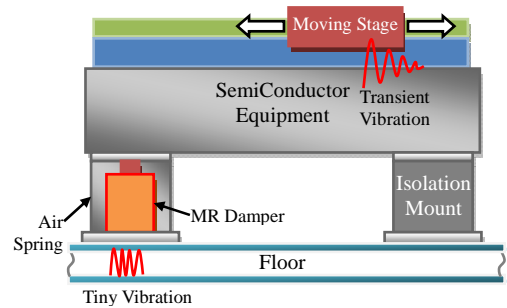


Fig. 1 Configuration of Isolation Mount

### 2. 방진/제진 마운트

본 연구에서 제안한 방진/제진 마운트는 반응동형 MR 댐퍼와 수동형 공기 스프링으로 구성된다. Fig. 1 은 반도체 장비의 개념도로, 정반 위에 이동 스테이지가 장착되어 있으며 방/제진 마운트로 지지되어 있다. Fig. 1 에 도시한 바와 같이 초정밀 생산 장비의 진동원은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 장비의 이동 스테이지에서 발생하는 과도응답으로, 장비의 진동 허용치를 크게 초과하여 공정에 악영향을 끼치게 된다. 이러한 과도응답을 능동형 작동기로 제어하기 위해서는 작동기의 크기가 매우 커져야 하며 많은 동력을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 비교적 작은 크기와 적은 동력으로 효과적인 진동 제어가 가능한 반응동형 MR 댐퍼를 이용하여 과도응답을 제어한다. 한편, 두 번째 진동원은 작업자의 이동, 다른 장비의 진동 등으로 인한 미세 바닥 진동으로, 이러한 바닥 진동은 진동의 크기가 상대적으로 작고 진동 대역이 넓어 MR 댐퍼로 제어하기에

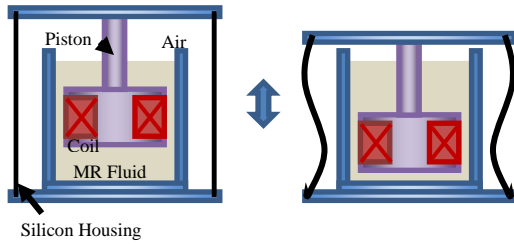


Fig. 2. Configuration of the proposed MR damper

한계가 있다. 따라서 이러한 미세 진동은 수동형 공기스프링을 이용하여 제어를 수행한다. 이 때 바닥 진동이 스테이지로 전달되지 않도록 하기 위해서는 스테이지의 진동 절연이 이루어져야 하는데, 마운트에 고체마찰이 존재할 경우 고주파의 진동에서 마운트가 강체와 같이 작동하여 진동절연이 파괴되고 진동 레벨이 높아지게 된다. 따라서 스테이지용 MR 댐퍼는 기존의 구조와 달리 고체 마찰을 제거한 새로운 형태가 되어야 한다.

### 3. MR 댐퍼

기존의 MR 댐퍼는 MR 유체의 누유를 막기 위한 실린더 상단의 실링, 피스톤의 횡방향 진동을 방지하기 위한 실링 등이 존재하며, 이로부터 고체마찰이 발생하게 되고 이로 인해 방진 성능이 악화되게 된다.

따라서 본 연구에서는 실링을 없애 고체 마찰을 제거한 새로운 형태의 MR 댐퍼를 제안한다. Fig. 2 는 새로운 방진/제진 마운트용 MR 댐퍼의 개념도이다. 본 MR 댐퍼는 반개방형 MR 댐퍼로, 내부 실린더에 MR 유체가 채워져 있으며 피스톤은 실린더와 독립되어 움직인다. MR 유체는 실린더 내부에 채워지며, 유체 상부는 커버로 막히지 않고 대기압의 공기와 직접 접촉한다. 실린더 외부에는 댐퍼 내부를 외부와 차단하기 위한 실리콘 막이 둘러지며, 실리콘 막은 매우 유연한 구조로 댐퍼의 움직임을 제약하지 않는다. 이러한 구조로 피스톤과 실린더는 서로 직접 접촉면을 없애 고체마찰이 발생하지 않으며, MR 유체는 내압이 발생하지 않아 자기장 미부하 시 발생하는 댐핑력을 최소화

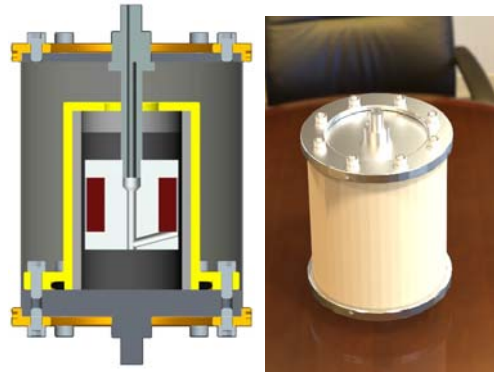


Fig. 3 Design of the proposed MR damper

한다. 이러한 구조를 통해 자기장 미부하 시 MR 댐퍼의 댐핑력은 거의 발생하지 않을 것으로 예측되며, 자기장 부하 시 피스톤 헤드와 실린더 사이에서 MR 효과가 발생해 충분한 정도의 댐핑력을 발생시킬 수 있을 것으로 예측된다. Fig. 3 은 이와 같은 개념도를 구체화 시킨 상세 도면과 제작 예상 이미지이다. MR 댐퍼의 직경은 133mm 이며, 높이는 중립상태에서 154.5mm, 최대 작동 범위는 p-p 35mm 이다.

### 4. 결론

본 연구에서는 반도체 장비용 방진/제진 마운트를 위한 새로운 형태의 MR 댐퍼를 제안하고 설계하였다. 이를 위해 먼저 반도체 장비용 방진/제진마운트의 구성을 확인하고 MR 댐퍼의 요구 성능을 결정하였으며, 이로부터 반도체 장비용 마운트에 적합한 MR 댐퍼를 제안하고 이의 상세 설계를 수행하였다. 설계된 MR 댐퍼는 반도체 장비용 방진/제진마운트로서 충분한 성능을 발휘할 것으로 기대되며, 향후 실제작된 MR 댐퍼의 성능을 실험을 통하여 검증하고 진동 제어를 수행할 예정이다.

### 후기

이 연구는 지식경제부 기술혁신사업(10040304) 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.