



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년12월27일
(11) 등록번호 10-1932999
(24) 등록일자 2018년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16F 15/03 (2006.01) F16F 6/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7020563
(22) 출원일자(국제) 2011년12월22일
심사청구일자 2016년12월22일
(85) 번역문제출일자 2013년08월02일
(65) 공개번호 10-2014-0041413
(43) 공개일자 2014년04월04일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/073785
(87) 국제공개번호 WO 2012/093038
국제공개일자 2012년07월12일
(30) 우선권주장
11150034.4 2011년01월03일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
US6879127 B2*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.
네덜란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
(72) 발명자
얀센, 예로엔 로데비크어스 게라르두스
네덜란드 엔엘-5654 엔제이 아인트호벤 후크슈트
라아트 340아
파울리데스, 요한네스 야코버스 후베르투스
네덜란드 엔엘-5146 씨이 발비즈크 드 테르펜 1
로모노바, 엘레나 안드레브나
네덜란드 엔엘-5627 엔엘 아인트호벤 이제레란 12
(74) 대리인
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 9 항

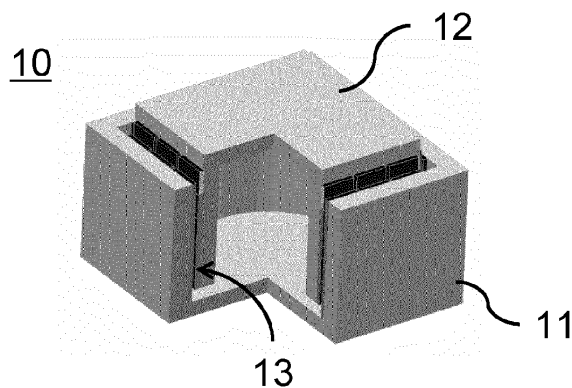
심사관 : 원유철

(54) 발명의 명칭 진동 절연기

(57) 요약

진동 절연기가 제공되며, 이 진동 절연기는 베이스 구조물, 로드 구조물 및 베이스 구조물과 로드 구조물의 대향하고 실질적으로 평행한 벽들에 의해 형성되는 하나 이상의 수직 공기 갭을 포함한다. 대향하는 벽들은 영구 자석들의 각각의 어레이들에 의해 적어도 부분적으로 커버되고, 어레이들 내의 이웃하는 자석들은 교번하는 자화 방향들을 갖고, 어레이들 내의 영구 자석들의 배치는 로드 구조물 상의 중력의 힘이 로드 구조물 상의 베이스 구조물의 네트 자기력에 의해 실질적으로 보상되도록 된다.

대표도 - 도1b



(56) 선행기술조사문헌

JP53064143 A*

JP06294444 A*

JP2004363606 A*

JP10306823 A*

US20030151321 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

베이스 구조물,

로드 구조물,

상기 로드 구조물과 베이스 구조물의 대향하고 실질적으로 평행한 벽들에 의해 형성되는 하나 이상의 수직 공기 갭을 포함하고,

상기 대향하는 벽들은 영구 자석들의 각각의 어레이들에 의해 적어도 부분적으로 커버되고, 어레이들 내의 이웃하는 자석들은 교번하는 자화 방향들을 가지고, 상기 로드 구조물의 영구 자석들의 어레이는 동일한 극성을 갖는 대향하는 영구 자석들이 하나의 영구 자석의 절반의 높이로 수직으로 변위되도록 위치되어, 어레이들 내의 영구 자석들의 배치는 로드 구조물 상의 중력의 힘이 로드 구조물 상의 베이스 구조물의 네트 자기력에 의해 실질적으로 보상되는,

진동 절연기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 베이스 구조물은 수용 체적부를 갖는 박스이고 상기 로드 구조물은 블록을 포함하며, 상기 블록 및 수용 체적부의 형상들 및 치수들은 수직 공기 갭을 제공하기 위해 블록이 수용 체적부에 끼워지도록 되고, 영구 자석들의 각각의 어레이들은 수용 체적부의 하나 이상의 내측 벽 및 블록의 하나 이상의 외부 벽에 배치되는,

진동 절연기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 로드 구조물은 수용 체적부를 갖는 박스이고 상기 베이스 구조물은 블록을 포함하며, 상기 블록 및 수용 체적부의 형상들 및 치수들은 수직 공기 갭을 제공하기 위해 블록이 수용 체적부에 끼워지도록 되고, 영구 자석들의 각각의 어레이들은 수용 체적부의 하나 이상의 내측 벽 및 블록의 하나 이상의 외부 벽에 배치되는,

진동 절연기.

청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 수용 체적부의 수평 횡단면은 사각형, 삼각형 또는 원형 형상을 갖는,

진동 절연기.

청구항 5

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 수용 체적부의 수평 횡단면은 십자가 형상인,

진동 절연기.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 베이스 구조물 및/또는 상기 로드 구조물은 베이스 구조물에 대한 로드 구조물의 상대 이동들을 능동적으로 제어하기 위한 하나 이상의 전자기 보상 유닛을 포함하는,

진동 절연기.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

교번하는 자화 방향들을 갖는 상기 영구 자석들은 체스 판 패턴을 형성하는,

진동 절연기.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

교번하는 자화 방향들을 갖는 상기 영구 자석들은 할바흐(Halbach) 또는 유사한 할바흐 구성을 형성하는,

진동 절연기.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 수직 공기 겹은 수직 축선에 대하여 약간 기울어진,

진동 절연기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 베이스 구조물, 로드 구조물 및 로드 구조물 상의 중력의 힘을 보상하기 위한 수단을 포함하는 진동 절연기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 리소그래픽(lithographic) 산업, 전자 빔 현미경 및 스페이스(space) 분야들에서와 같은, 많은 산업 기술자들은 정확한 위치 지정 시스템들을 다룬다. 이러한 기계들의 진동들 및 다른 타입들의 기계적 방해들은 달성 가능한 정확도를 제한하는 주요 요인으로서 쉽게 나타나며, 그리하여 상당한 감소가 요구된다. 시장 요구사항들에 의해 주도되는 생산성의 관심들은 더 빠른 움직임을 요구하는 반면 계속해서 더 작아지는 피쳐들의 정밀한 재생산은 환경으로부터의 양호한 절연을 요구한다. 이러한 요구들은 진동 절연 디자인 상에 특별한 제약을 부과한다. 많은 경우들에서, 절연된 매스의 구조적 디자인이 적은 내재적 진동 절연을 제공하고, 수동적인 수단이 전체의 요구되는 대역폭에 걸쳐 불충분한 절연을 제공하기 때문에, 능동적인 수단이 진동 제어를 제공하기 위해 종종 이용된다. 이러한 분야들에서, 높은 매스를 갖는 큰 페이로드(payload)의 고정밀 진동 절연은 진공 양립성, 비

접촉 구조물, 높은 힘 집중도 및 낮은 강성을 종종 요구한다.

[0003] 공기 기반(air-based) 해결책들은 진동들 및 다른 타입들의 기계적 방해들을 능동적으로 절연 및 제어하기 위해 일반적으로 사용된다. 대부분의 리소그래픽 분야들에서, 소위 공기 마운트(air mount)들이 사용되며, 이는 안정성 제어를 제공하는 전자기계적 로렌츠(Lorentz) 액추에이터들에 의해 보충된다. 제어 밸브는 공압 스프링으로서 작용하는 큰 공기 탱크 안으로의 압축된 공기의 흐름을 조절한다. 강 코일 스프링들과는 달리, 이러한 시스템의 공명 진동수는 페이로드의 매스와는 거의 독립적이고, 높이 제어 밸브는 작업 높이를 조절한다. 이는 중력 보상 및 스프링 강성을 제공하고, 로렌츠 액추에이터들은 안정성 및 모든 자유도들의 정확한 위치 지정을 보장한다.

[0004] 현재 종종 사용되는 공압 절연기들의 절연 대역폭은 일반적으로 제한된다. 그 결과 높아진 주파수들에서의 진동들은 적절하게 소멸되지 않고, 이는 절연되는 기계의 성능을 제한한다. 또한, 공기 베어링들은, 이들의 성능에 불리하게 영향을 미칠 수 있는 상당한 구조적 변화들이 적용된다면 단지 진공 상태들에서만 적절하다.

[0005] 자석 기반 진동 절연 시스템들은 수동적인 또는 공압 진동 절연 시스템들에 대한 있을 수 있는 대안으로서 점점 더 고려된다. 이들은 깨끗하고, 소음이 없고 진동 및 보수가 필요없는 것과 같은 구별된 피쳐들을 제공한다. 이러한 이유들로 인해 이들은 진동 절연 분야들에서의 사용을 위하여 점점 더 고려된다. 자석 기반 진동 절연기들의 예들은, 예컨대 미국 특허 출원 US 6307285 에서 발견된다.

[0006] Robertson 등에 의한 "능동적인 진동 절연을 위한 0-강성 자기 스프링들(Zero-stiffness magnetic springs for active vibration isolation)" 에서, 영구 자석 시스템이 낮은 강성의 진동 절연 시스템을 얻기 위해 사용된다. 이러한 비접촉 자기 스프링은 로드 구조물(네거티브 스프링(negative spring), 수직적으로 불안정) 위의 자석으로부터의 자기 인력(attracting magnetic force)들 및 바닥 축(포지티브 스프링(positive spring), 수직적으로 안정)으로부터의 자기 척력(repelling magnetic force)들을 사용한다. 이러한 자기력들은 주로 영구 자석들의 자화의 축선을 따라 배향된다. 결과적인 수직 자기력은 로드 구조물을 아래로 잡아당기는 중력을 보상한다. 정상부 상의 네거티브 스프링 및 바닥의 포지티브 스프링이 평행한 구성으로 놓이기 때문에, 이들 각각의 스프링 강성이 합산되고 결과적인 강성은 거의 0 이 된다. 이는 진동 절연 시스템에 낮은 고유 공명 진동수를 부여하여 강화된 진동 절연을 제공한다. 하지만, 이러한 자기 스프링 타입의 단점은 낮은 스프링 강성이 매우 국부적이고 그 결과 스프링 강도는 위치에 따라 상당히 변한다는 것이다. 이는 단지 낮은 그리고 일정한 스프링 강성이 요구될 때 작은 이동들만을 가능하게 하거나 또는 더 큰 이동 범위에 걸친 안정화 및 절연을 위해 상당한 제어 노력들을 요구한다. 또한, 이러한 이중 측면의 위상 기하학(topology)은 이러한 자기 스프링에 의해 이행되는 수직 스프링력이 기계적 수단에 의해 스프링 주위로 유도되어야만 한다면 불리한 것을 입증할 수 있는 "샌드위치형" 구성을 요구한다.

발명의 내용

[0007] 본 발명의 목적은 더 넓은 범위의 이동에 걸쳐 낮은 강성을 갖고 양호하게 수행하는 진동 절연기를 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 제 1 양태에 따르면, 이러한 목적은 베이스 구조물, 로드 구조물 및 베이스 구조물과 로드 구조물의 대향하는 및 실질적으로 평행한 벽들에 의해 형성되는 하나 이상의 수직 공기 갭(air gap)을 포함하는 진동 절연기를 제공함으로써 달성된다. 대향하는 벽들은 영구 자석들의 각각의 어레이들에 의해 적어도 부분적으로 커버되고, 어레이들 내의 이웃하는 자석들은 교번하는 자화 방향들을 갖고 어레이들 내의 영구 자석들의 배치는 로드 구조물 상의 중력의 힘이 로드 구조물 상의 베이스 구조물의 네트(net) 자기력에 의해 실질적으로 보상되게 된다.

[0009] Robertson 등의 자기 스프링에 의한 주된 차이는 수직 공기 갭이 수평 공기 갭 대신에 사용된다는 것이다. Robertson 등에서, 로드 구조물은 로드 구조물 위의 또는 아래의 자기 표면들을 향하여 잡아당겨지거나 또는 이들로부터 멀리 밀어내어진다. 따라서, 자기력은 대향하는 자기 표면들에 수직으로 작용한다. 영구 자석들은 로드 구조물을 아래로 잡아당기는 중력의 힘의 방향에 평행한 방향으로 자화된다. 본 발명에 따르면, 영구 자석들의 행렬 배치(matrix arrangement)는 베이스 구조물 내의 개별 자석들이 로드 구조물 내의 개별 자석들을 끌어 당겨지거나 원위치 될 수 있으며 그 역도 가능하게 하지만, 결과적인 네트 자기력은 로드 구조물이 상부 방향으로, 즉 중력에 대항하여 밀어내어지는 것을 야기한다. 자기 표면들이 쌍으로 될 때 발생할 수 있는 임의의 수평력들이 상쇄된다. 로드 구조물은 자기 어레이들의 대향하는 표면들에 평행한 방향으로 상향으로 밀어내어진다. 수직 공기 갭은 낮은 강성을 갖는 높은 자기력을 부여한다. 본 발명에 따른 진동 절연기의 큰 이점은 수직 방향으로의 네트 자기력이 더 큰 범위에 걸쳐 일정하다는 것이다.

[0010] 진동 절연기가 진동들에 대하여 보호할 뿐만 아니라, 또한 다른 기계적 방해들에 대하여 보호한다는 것에 주의해야 한다. 하지만, 진동들이 본 발명에 따른 시스템이 다루려고 하는 가장 일반적인 타입의 기계적 방해들이기 때문에, 진동 절연기라는 단어가 사용될 것이다.

[0011] 본 발명에 따른 진동 절연기의 실시예에서, 베이스 구조물은 수용 체적부를 갖는 박스이고 로드 구조물은 블록을 포함한다. 블록 및 수용 체적부의 형상들 및 치수들은 수직 공기 갭을 제공하기 위해 블록이 수용 체적부 안에 끼워지도록 된다. 영구 자석들의 각각의 어레이들은 수용 체적부의 하나 이상의 내측 벽 및 블록의 하나 이상의 외부 벽에 배치된다. 대안적으로는, 로드 구조물이 수용 체적부를 포함하고 베이스 구조물이 블록을 포함한다.

[0012] 바람직한 실시예들에서, 수용 체적부 및 로드 구조물의 다중 벽들이 영구 자석들의 어레이들을 운반하기 위해 사용된다. 그 결과, 로드 구조물의 하나의 벽 상의 네트 자기력의 가능한 수평 성분들은 로드 구조물의 다른 벽들 상의 네트 자기력의 수평 성분들에 의해 보상될 수 있다. 대안적으로는, 편평하지 않은, 예컨대 원형 수용 체적부가 이러한 보상을 야기할 수 있다.

[0013] 진동 절연기는 베이스 구조물에 대한 로드 구조물의 상대 이동들을 능동적으로 제어하기 위한 하나 이상의 전자기 보상 유닛을 포함할 수 있다. 보상 유닛들은 베이스 구조물 및/또는 로드 구조물의 부분일 수 있다. 이러한 보상 유닛들은 2 개의 기능들을 충족할 수 있다. 첫째로, 이들은 로드 구조물의 공간적 편차가 이러한 중립 위치로부터 너무 커지려는 경향이 있을 때 로드 구조물을 다시 중립 위치로 오게 할 수 있다. 둘째로, 이들은 수동적인 영구 자석 구조물의 안정성을 개선하기 위해, 로드 구조물의 안정화를 제공한다.

[0014] 본 발명의 이러한 및 다른 양태들은 이후에 설명되는 실시예들로부터 명백하고 이들을 참조하여 설명될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1a 는 본 발명에 따른 진동 절연기들에 의해 지지되는 플랫폼을 나타내는 도면이고,
 도 1b 는 본 발명에 따른 진동 절연기를 근접하여 나타내는 도면이고,
 도 2a 는 도 1b 에 나타난 진동 절연기의 로드 구조물을 나타내는 도면이고,
 도 2b 는 도 1b 에 나타난 진동 절연기의 베이스 구조물을 나타내는 도면이고,
 도 3a 는 영구 자석들의 2 개의 대향하는 어레이들이 어떻게 상향 네트 자기력을 야기할 수 있는지를 개략적으로 나타내는 도면이고,

도 3b 는 로드 구조물의 수직 변위의 함수로서 네트 자기력의 수평 및 수직 성분들의 개략적인 도시를 나타내는 도면이고,

도 4 는 본 발명에 따른 진동 절연기에서 사용하기 위한 어레이 내의 영구 자석들의 예시적인 배치를 나타내는 도면이고,

도 5a 는 상향 네트 자기력을 야기하기 위해 2 개의 대향하는 어레이들을 배치하는 대안적인 방식을 나타내는 도면이고,

도 5b 는 2 개의 약간 기울어진 수직 공기 갭들을 나타내는 도면이고,

도 6a 는 정사각형 형상의 수용 체적부를 갖는 진동 절연기의 수평 횡단면을 나타내는 도면이고,

도 6b 는 십자가 형상의 수용 체적부를 갖는 진동 절연기의 수평 횡단면을 나타내는 도면이고,

도 7 은 십자가 형상의 로드 구조물의 사시도를 나타내는 도면이고, 및

도 8a, 8b 및 8c 는 본 발명에 따른 로드 구조물의 3 개의 가능한 위상 기하학들을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 도 1a 는 본 발명에 따른 진동 절연기(10)들에 의해 지지되는 플랫폼(14)을 나타내는 도면이다. 플랫폼(14)은 매우 정확한 위치 지정 및 진동 절연을 요구하는 페이로드(15)를 운반한다. 예컨대 리소그래픽 산업, 전자 빔 현미경 및 스페이스 분야들과 같은 많은 기술 영역들에서, 위치 지정 시스템들의 정확도에 대한 진동들의 영향을 감소시키는 것이 매우 중요하다. 예시적인 플랫폼(14)은 리소그래픽 기계에서 사용되고 플랫폼(14) 아래에 위치한 실리콘 웨이퍼 상에 레이저 번들을 정확하게 집중시키기 위해 렌즈 시스템(15)을 운반한다. 진동 절연기(10)들은 기계의 이러한 부분에서의 진동들을 감소시키고 렌즈 시스템(15)의 웨이퍼와의 정렬을 유지한다.

[0017] 도 1b 는 본 발명에 따른 진동 절연기(10)를 근접하여 나타내는 도면이다. 진동 절연기는 베이스 구조물(11) 및 로드 구조물(12)을 포함한다. 로드 구조물(12)은, 수직 공기 갭(13)들이 수용 체적부의 내부 벽들과 로드 구조물(12)의 대향하는 외부 벽들 사이에 형성되도록 베이스 구조물(11)의 수용 체적부에 끼워진다. '공기 갭(13)들' 은 반드시 공기로 채워질 필요는 없으나, 다른 가스 또는 가스 혼합물로 또한 채워질 수 있다는 것에 주의해야 한다. 진공 환경에서, 수직 공기 갭(13)들은 단지 빈 공간으로 이루어질 수 있다. 페이로드(15)는 로드 구조물(12)의 정상 표면 상에 직접적으로 위치될 수 있거나 또는 하나 내지 둘 이상의 진동 절연기(10)들이 페이로드(15)를 운반하기 위한 플랫폼(14)을 지지하는데 사용될 수 있다. 베이스 구조물(11) 및 로드 구조물(12)의 각각의 기능들은 교환될 수 있다는 것에 주의해야 한다. 뒤집어 질 때, 로드 구조물(12)은 베이스 구조물(11)을 운반한다. 베이스 구조물(11)의 수용 체적부는 그 후 로드 구조물(12) 위에 끼워지고 페이로드(15) 또는 플랫폼을 운반한다. 하지만, 이후에는, 진동 절연기(10)는 도 1b 에 나타낸 것과 같은 배향으로 사용되고 플랫폼(14)은 로드 구조물(12)에 의해 지지되는 것으로 가정될 것이다. 유사하게, 로드는 진동 절연기(10)의 상부 상에 놓이는 것으로 가정될 것이다. 본 발명에 따른 진동 절연기(10)는 하지만 진동 절연기(10) 아래에 매달린 로드를 가지고 또한 사용될 수 있다.

[0018] 도 2a 는 도 1b 에 나타낸 진동 절연기(10)의 로드 구조물(12)을 나타내는 도면이다. 로드 구조물(12)은 예컨대 알루미늄과 같은 비자기 금속 또는 철과 같은 자기 금속인, 몇몇의 재료의 거대한 또는 중공 블록이다. 이후에 설명될 것과 같이, 로드 구조물(12)의 중량은 진동 절연기(10)의 상향 자기력이 로드 구조물(12), 플랫폼(14) 및 페이로드(15)에서 잡아당기는 중력을 보상하도록 되어야 한다. 로드 구조물(12)의 외부 벽들에는 영구 자석(22)들의 어레이들이 공급된다. 어레이(22)들 내의 이웃하는 자석들은 교번하는 자화 방향들을 갖는다. 어레이(22)들 내의 자석들의 적어도 부분은 어레이(22)가 적용되는 외부 벽에 수직인 방향으로 자화된다.

[0019] 도 2b 는 도 1b 에 나타낸 진동 절연기(10)의 베이스 구조물(11)을 나타내는 도면이다. 베이스 구조물(11)은, 이러한 예에서는 사각형 형상의 수용 체적부를 갖는 박스이다. 수용 체적부의 형상 및 치수들은 베이스 구조물(11)이 도 1b 에 나타낸 수직 공기 갭(31)들을 형성하기 위해 로드 구조물(12)을 수용할 수 있도록 된다. 베이스 구조물(11)의 내부 벽들에는 또한 영구 자석(21)들의 어레이들이 공급된다. 어레이(21)들 내의 이웃하는 자

석들은 교변하는 자화 방향들을 갖는다. 어레이(21)들 내의 자석들의 적어도 부분은 어레이(21)가 적용되는 내부 벽에 수직인 방향으로 자화된다.

[0020] 도 2a 및 도 2b의 실시예에서, 어떠한 공간이 어레이 내의 이웃하는 자석들 사이에 개방되어 남겨지지만, 자석들은 또한 이러한 갭 없이 배치될 수 있다.

[0021] 로드 구조물(12)이 베이스 구조물의 수용 체적부 안으로 삽입될 때(도 1b에 나타낸 것과 같이), 베이스 구조물(11) 및 로드 구조물(12)의 대향하는 어레이(21, 22)들 내의 자석들은 로드 구조물(11), 플랫폼(14) 및 페이로드(15)의 중량을 보상하는 네트 자기력을 야기한다. 로드 구조물(11), 플랫폼(14) 및 페이로드(15)의 전체 로드 중량이 이러한 네트 자기력과 균형을 이룰 때, 로드 구조물(11)은 수용 체적부의 바닥 또는 내부 벽들 중 어느 것과도 접촉하지 않으면서, 수용 체적부 내에 준-안정(meta-stable) 위치로 부유한다. 베이스 구조물(12)이, 예컨대 진동들에 의해 야기되어, 로드 구조물(11)에 대하여 이동할 때, 변하는 네트 자기력은 로드 구조물을 이러한 안정 위치로 다시 오게 한다.

[0022] 대향하는 자기 어레이(21, 22)들이 서로 닿는 것을 방지하기 위해, 기계적 멈춤부들이 베이스 구조물(11) 및/또는 로드 구조물(12)에 추가될 수 있다.

[0023] 도 3a는 영구 자석(31, 32)들의 2개의 대향하는 어레이(21, 22)들이 어떻게 상향 네트 자기력(33)을 야기할 수 있는지를 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 3a는 베이스 구조물 자기 어레이(21) 및 이 어레이가 부착되는 베이스 구조물(11)의 부분을 나타낸다. 베이스 구조물 자기 어레이(21)는 3개의 수평으로 자화된 영구 자석들을 포함한다. 상부 및 하부 자석(31)들은 좌측에서 우측으로의 자화를 갖는다. 중간 자석(32)은 우측에서 좌측으로의 자화를 갖는다. 나타낸 로드 구조물 자기 어레이(22)는 단지 2개의 수평으로 자화된 영구 자석들을 갖는다. 상부 자석(31)은 좌측에서 우측으로의 자화를 갖는다. 하부 자석(32)은 우측에서 좌측으로의 자화를 갖는다. 수직 공기 갭(13)이 대향하는 어레이(21, 22)들 사이에 형성된다.

[0024] 로드 구조물 자기 어레이(22)는 좌측에서 우측으로의 극성을 갖는 대향하는 자석(31)들이 하나의 자석(31)의 대략 중간 높이에 수직으로 변위되도록 위치된다. 결과적으로, 로드 구조물 자기 어레이(22)의 상부 자석은 동시에 베이스 구조물 자기 어레이(21)의 상부 자석에 의해 끌어 당겨지고 베이스 구조물 자기 어레이(21)의 중간 자석에 의해 반발된다. 이러한 2개의 자기력들의 수평 성분들은 적어도 부분적으로는 서로 상쇄되면서, 수직 성분들이 합산된다. 로드 구조물 자기 어레이(22)의 상부 자석 상의 네트 자기력은 따라서 상향으로 지향된다. 유사한 방식으로, 로드 구조물 자기 어레이(22)의 하부 자석은 또한 베이스 구조물 자기 어레이(21)의 자석들에 의해 상향으로 밀어내어진다. 로드 구조물(12) 상의 네트 자기력은 비교적 큰 수직 성분(33) 그리고, 이러한 예에서는 작은 수평 성분을 갖는다. 로드 구조물 자기 어레이(22)의 수직 위치가 변할 때, 또한 네트 자기력의 수직 및 수평 성분(33, 34)들도 변한다.

[0025] 도 3b는 로드 구조물(12)의 수직 변위의 함수로서 네트 자기력의 수평 및 수직 성분(34, 33)들의 개략적인 도시를 나타내는 도면이다. 이러한 다이어그램은 네트 자기력의 수직 및 수평 성분(33, 34)들이 어떻게 로드 구조물(12)의 수직 변위에 따라 변화하는지를 나타낸다. x 축선과 y 축선이 교차하는, 다이어그램의 중간에서 수직 변위는 0이다. 이는 로드 구조물이 동일한 극성을 갖는 대향하는 자석들이 하나의 자석의 정확하게 절반 높이로 수직으로 변위되도록 위치되는 상황을 나타낸다. 이러한 상황에서 수평 방향(34)으로의 네트 자기력은 없고 네트 자기력의 수직 성분(33)은 최대이다. 로드 구조물 상에 작용하는 수직 중력이 수직 자기력과 동일하고 대향한다면, 시스템은 준-안정 평형 상태에 있다. 양의 x 축선은 상향 수직 변위를 나타낸다. 음의 x 축선은 하향 수직 변위를 나타낸다. y 축선은 네트 자기력의 수평 및 수직 성분(34, 33)들의 크기 및 방향을 나타낸다.

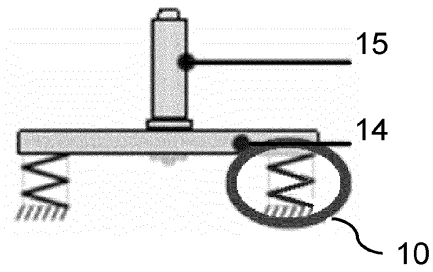
- [0026] 로드 구조물(12)의 상향 수직 변위는 우측에서 좌측(음) 방향으로 증가하는 수평 성분(34) 및 약간 감소하는 수직 힘 성분을 초래한다. 하향 수직 변위는 좌측에서 우측(양) 방향으로 증가하는 수평 성분(34) 및 약간 감소하는 수직 힘 성분을 초래한다. 이러한 수평 성분(34)들은 진동 절연기(10)의 다른 벽들(예컨대 도 1b 참조)에서의 다른 수직 공기 갭(13)들 및/또는 능동적인 전자기 액츄에이터들에 의해 보상될 수 있다. 파선(35)은 수직 변위 및 도 3a의 상황에 대한 대응하는 네트 자기력 성분(33, 34)들을 나타낸다.
- [0027] 우측으로의 수평 변위(확대되는 공기 갭)는 수평 및 수직 힘 성분 양쪽을 감소시킨다. 공기 갭 크기를 감소시키는 수평 변위들은 수직 및 수평 힘 성분 양쪽을 증가시킨다.
- [0028] 본 발명에 따른 수직 공기 갭(13)들을 사용하는 큰 이점은 로드 구조물(12)이 수직으로 변위될 때 네트 자기력의 수직 성분(33)이 크게 변화하지 않는다는 것이다. 추가적인 공기 갭들의 사용은 장치가 그의 평형 상태 지점에서 작동되지 않을 때, 특히 수평 힘 성분들이 서로를 상쇄하거나 또는 적어도 감소시키기 때문에 불안정성들을 최소화하는 것을 돕는다. 따라서 얻어지는 진동 절연기(10)는 이동의 전체 범위에 걸쳐 낮은 강성을 갖는다.
- [0029] 도 4는 본 발명에 따른 진동 절연기(10)에 사용하기 위한 어레이(21, 22) 내의 영구 자석(41, 42)들의 예시적인 배치를 나타내는 도면이다. 5 X 5 어레이 내의 13 개의 영구 자석(41)들은 도면에 나타난 표면 안으로 향하는 자화 방향을 갖는다. 5 X 5 어레이 내의 나머지 12 개의 영구 자석(42)들은 도면에 나타난 표면 밖으로 향하는 자화 방향을 갖는다. 상이한 치수들을 갖는 어레이들이 또한 사용될 수 있다. 사용하기에 가장 작은 가능한 어레이는 1 X 2 어레이이다. 패턴들을 사용하는 것이 또한 가능하며, 상이한 자석들은 상이한 치수들을 갖거나 또는 2 개 초과 상이한 자화 방향들이 사용된다. 어레이의 부분은 '비어'있거나 또는 비자화된 재료에 의해 채워질 수 있다.
- [0030] 도 5a는 상향 네트 자기력을 야기하기 위해 2 개의 대향하는 어레이(54, 55)들을 배치하는 대안적인 방식을 나타내는 도면이다. 여전히, 대부분의 영구 자석(31, 32)들은 수평 방향으로 자화된다. 수평으로 자화된 자석들 사이의, 몇몇의 더 작은 영구 자석(53)들은 수직 방향으로 자화된다. 따라서 얻어지는 구성은 할바흐(Halbach) 또는 유사한 할바흐(quasi-Halbach) 구성이다. 이러한 구성들은 단지 자석들의 한 측에, 이러한 경우 공기 갭의 측에 자기장을 집중시키기 위한 특성에 대해 공지된다.
- [0031] 도 5b는 2 개의 약간 기울어진 수직 공기 갭(13)들을 나타내는 도면이다. 이러한 예에서, 베이스 구조물(51)은 로드 구조물의 수용 체적부 내에 위치된다. 베이스 구조물 및 로드 구조물의 벽들은 중력의 방향에 대하여 약간 기울어진다. 로드 구조물 자기 어레이(52)들 상의 네트 자기력들의 수평 성분들은 서로 상쇄한다. 로드 구조물은 네트 자기력에 의해 상향으로 밀어내어지고 중력에 의해 아래로 잡아당겨진다. 양쪽의 수평 힘 성분들이 서로를 상쇄할 때, 로드 구조물은 준-안정 위치에 있다. 자석들의 상이한 어레이들 내의 자화 방향들의 나타낸 배치는 이러한 준-안정 위치를 초래할 수 있는 많은 가능한 배치들 중 단지 하나이다.
- [0032] 도 6a는 정사각형 형상의 수용 체적부를 갖는 진동 절연기(10)의 수평 횡단면을 나타내는 도면이다. 여기서 수용 체적부는 베이스 구조물(11)의 일부이지만, 진동 절연기(10)가 뒤집어 질 때 수용 체적부는 로드 구조물(12)의 부분인 것으로 가정한다. 대향하는 자기 어레이(21, 22)들은 상이한 배향들을 갖는 4 개의 수직 갭(13)들을 형성한다. 어레이(21, 22)들 내의 영구 자석들의 자화는 바람직하게는 네트 자기력의 모든 수평 성분들이 서로를 거의 완전히 상쇄하도록 된다. 이러한 도면에서 나타낸 배치의 단점은 로드 구조물(12)의 수평 변위가 이러한 로드 구조물(12) 상에 비교적 큰 토크를 초래한다는 것이다. 베이스 구조물(11)의 자기 어레이(21)에 가장 근접한 자기 어레이(22)는 더 넓은 수직 공기 갭(13) 내의 자기 어레이(22)보다 더 큰 힘으로 상향으로 밀어내어질 것이다. 로드 구조물(12) 상의 전체 상향 자기력은 동일할 것이지만, 로드 구조물은 수평 이동의 방향에 수직인 수평 축선 주위로 회전하려는 경향을 가질 것이다.

- [0033] 도 6b 는 십자가 형상의 수용 체적부를 갖는 진동 절연기(60)의 수평 횡단면을 나타내는 도면이다. 이러한 구성의 이점은 매우 낮은 토크가 얻어진다는 것이며, 이는 안정성을 개선할 것이다. 진동 절연기(60)의 안정성을 더 개선하기 위해, 능동적인 전자기 액츄에이터(65)들이 로드 구조물(61) 및/또는 베이스 구조물(63)에 포함된다. 로드 구조물(61)이 그의 안정 위치로부터 너무 많이 벗어나려는 경향이 있을 때 또는 회전하기 시작할 때, 능동적인 전자기 액츄에이터(65)들이 원하는 위치 및 배향으로 로드 구조물을 다시 오게 하는데 사용될 수 있다. 전자기 액츄에이터(65)들은 진동 절연기(60)를 조립하고 로드 구조물(61)에 대하여 우측 위치로 오게 하기 위해 베이스 구조물(63)을 수용 체적부에 삽입할 때 또한 사용될 수 있다.
- [0034] 도 7 은 십자가 형상의 베이스 구조물(63)의 사시도를 나타내는 도면이다. 베이스 구조물(63)은 십자가 형상의 어레이 캐리어(73)를 장착하기 위한 지지 블록(71)을 포함한다. 영구 자석(64)들의 어레이들은 십자가 형상의 어레이 캐리어(73)의 표면들에 적용된다. 이러한 예에서, 4 개의 열들의 자석들이 제공된다. 예컨대, 제 1 및 제 3 열은 어레이 캐리어(73) 안으로 향하는 자화 방향을 갖고 제 2 및 제 4 열은 어레이 캐리어(73)의 밖으로 향하는 자화 방향을 갖는다. 또한 체스 판(checker board) 패턴들 및 다른 교번하는 패턴들이 사용될 수 있다.
- [0035] 이러한 실시예에서, 코일(65)들을 갖는 능동적인 전자기 액츄에이터들이 베이스 구조물(63)의 지지 블록(71)에 적용된다. 이들은 영구 자석 어레이(64)들에 의한 수동적인 제어가 충분하지 않을 때 베이스 구조물(63)에 대한 로드 구조물(61)의 위치를 능동적으로 제어하기 위해 로드 구조물(61) 상의 영구 자석들과 상호 작용한다. 이러한 능동적인 제어를 위해, 코일(65)들은 로드 구조물의 영구 자석 어레이(64)들의 자석들과 또는 코일들에 가까운 별개의 및 전용 제어 자석들(도시되지 않음)과 상호 작용할 수 있다. 냉각 덕트(72)들은 진동 절연기의 온도 변동들을 최소화하기 위해, 예컨대 지지 블록(71)에 제공될 수 있다. 물론, 코일(65)들을 로드 구조물(61) 내에 놓고 이들이 베이스 구조물(63) 내의 자석들과 상호작용하게 하는 것도 또한 가능하다.
- [0036] 전자기 액츄에이터들 대신 또는 추가로, 기계적 멈춤부들, 스프링들 등이 진동 절연기의 안정성을 개선하기 위해 그리고 베이스 구조물(63)과 로드 구조물(61)의 영구 자석들 사이의 접촉을 방지하기 위해 사용될 수 있다.
- [0037] 제거 가능한 단부 멈춤부(74)는 네트 자기력이 중력을 초과할 때, 예컨대 페이로드(15)가 플랫폼(14)으로부터 떨어질 때 로드 구조물(61)이 베이스 구조물(63)로부터 분리되는 것을 방지한다. 진동 절연기를 조립할 때, 단부 멈춤부(74)는 제거되고 십자가 형상의 어레이 캐리어(61)가 베이스 구조물의 대응하는 슬롯(수용 체적부) 안으로 삽입된다. 베이스 구조물의 다른 측으로부터, 단부 멈춤부(74)는 그 후 로드 구조물(63)에 다시 적용된다. 로드 구조물(63)은 단부 멈춤부(74)가 먼저 제거될 때에만 베이스 구조물로부터 분리될 수 있다.
- [0038] 도 8a, 8b 및 8c 는 본 발명에 따른 베이스 또는 로드 구조물의 3 개의 가능한 위상 기하학들을 나타내는 도면이다. 도 8a 는 도 6b 및 도 7 에 이미 나타난 십자가 형상 등을 나타낸다. 도 8b 는 6 개의 아암들을 갖는 십자가를 나타내고 도 8c 는 8 개의 아암들을 갖는 십자가를 나타낸다. 로드 구조물 상의 낮은 토크를 갖는 실시예를 얻기 위해, 얇은 아암들을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0039] 상기 언급된 실시예들은 본 발명을 제한하기보다는 도시하는 것이며, 당업자들은 첨부된 청구항들의 범위를 벗어나지 않으면서 많은 대안적인 실시예들을 디자인할 수 있을 것이라는 것에 주의해야 한다. 청구항들에는, 괄호들 사이에 놓이는 임의의 참조 부호들은 청구항을 제한하는 것으로서 구성되지 않아야 한다. "포함하는(comprise)"이라는 동사의 사용 및 그의 활용(conjugation)들은 청구항에 언급된 것 외의 다른 요소들 또는 단계들의 존재를 배제하지 않는다. 요소의 단수형(관사 "a" 또는 "an")은 이러한 요소들의 복수의 존재를 배제하지 않는다. 본 발명은 다수의 분명한 요소들을 포함하는 하드웨어에 의해, 및 적절하게 프로그래밍된 컴퓨터에 의해 이행될 수 있다. 다수의 수단을 열거하는 장치 청구항에서, 다수의 이러한 수단은 하드웨어의 하나의 및 동일한 항목에 의해 구현될 수 있다. 특정한 조치들이 상호적으로 상이한 종속 청구항들에서 인용되는 간단한

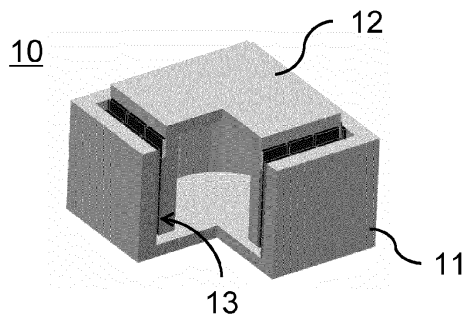
사실은 이러한 조치들의 조합이 이점으로서 사용될 수 없다는 것을 나타내지 않는다.

도면

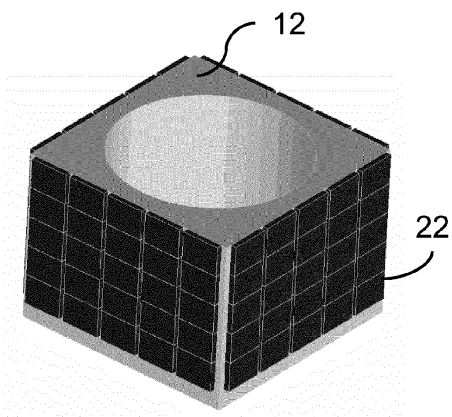
도면1a



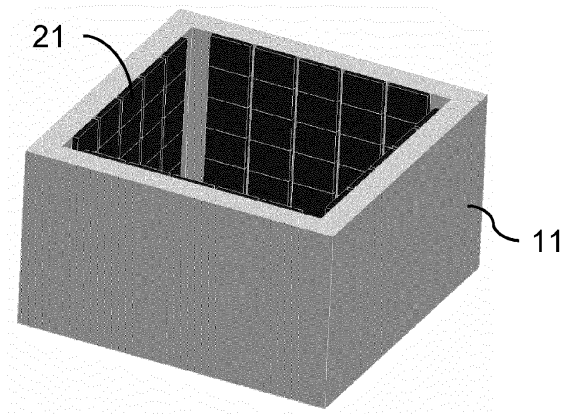
도면1b



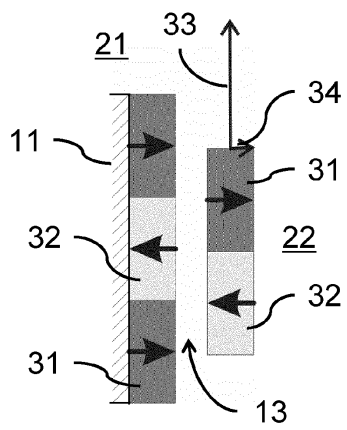
도면2a



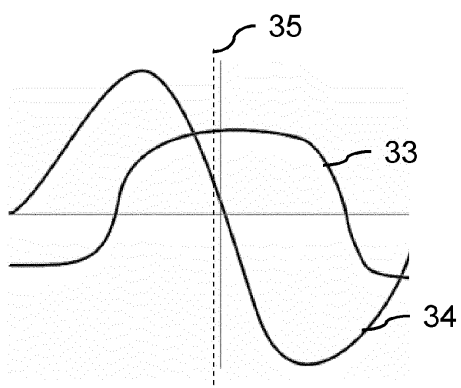
도면2b



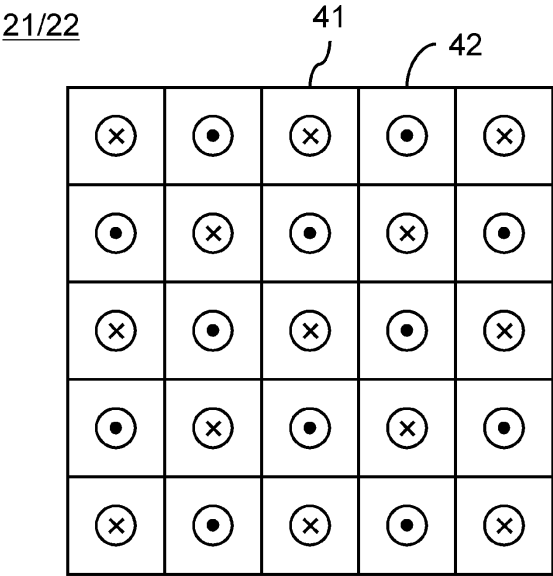
도면3a



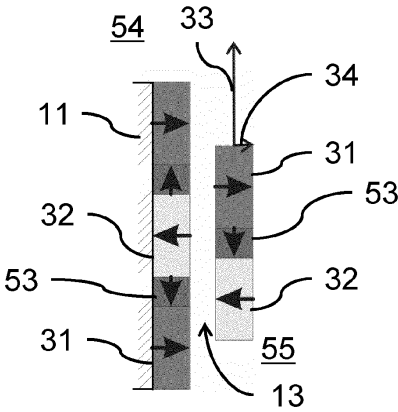
도면3b



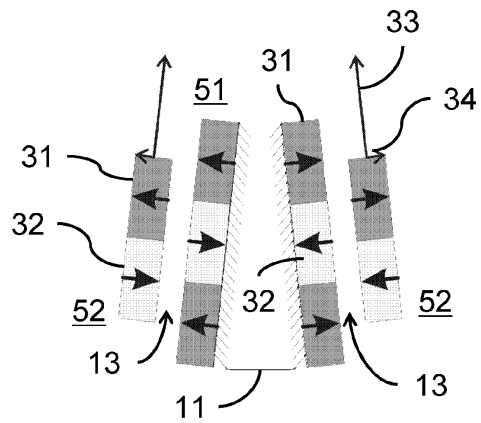
도면4



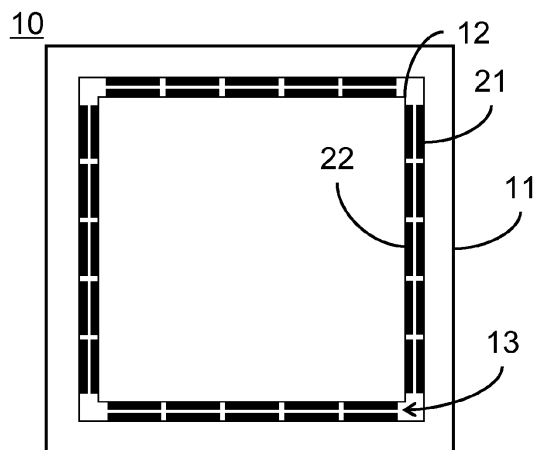
도면5a



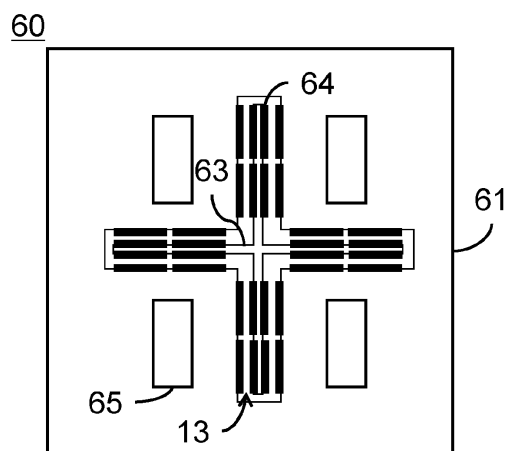
도면5b



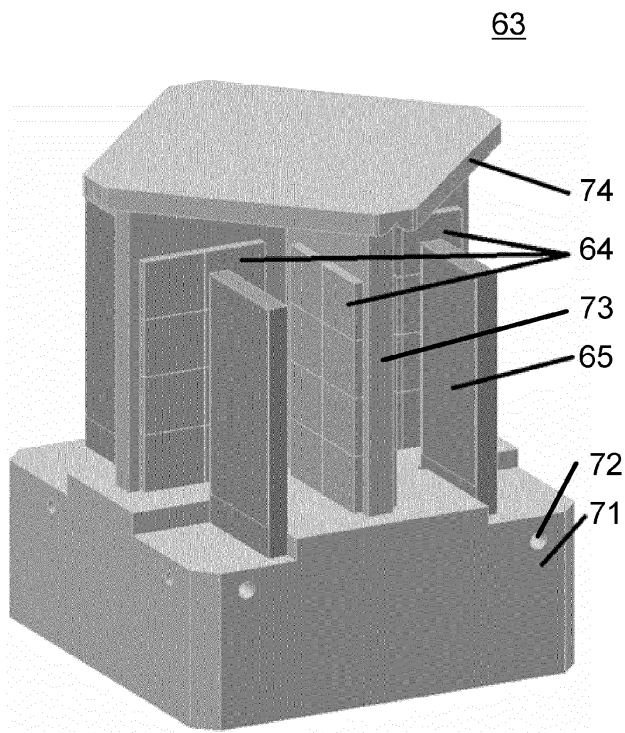
도면6a



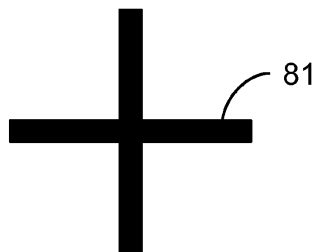
도면6b



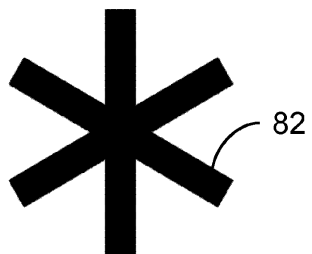
도면7



도면8a



도면8b



도면8c

