



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년08월02일
(11) 등록번호 10-0973530
(24) 등록일자 2010년07월27일

(51) Int. Cl.
H01L 21/677 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0005417
(22) 출원일자 2008년01월17일
심사청구일자 2008년01월17일
(65) 공개번호 10-2009-0019663
(43) 공개일자 2009년02월25일
(30) 우선권주장
1020070083496 2007년08월20일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
JP11154698 A
JP2005150589 A
JP2003324053 A
KR1020040075445 A

(73) 특허권자
순환엔지니어링 주식회사
경기 성남시 중원구 상대원동 333-11
한국과학기술원
대전 유성구 구성동 373-1
(72) 발명자
권대갑
대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 기계공학과
김정재
대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 기계공학과
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
권태복, 이화익

전체 청구항 수 : 총 4 항

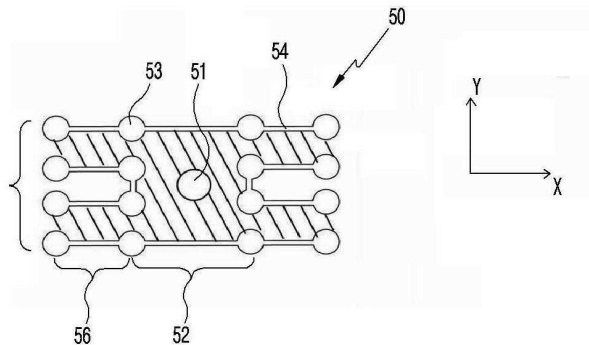
심사관 : 김길수

(54) 슬라이드변형흡수용 유연기구모듈을 이용한 시편이송장치

(57) 요약

본 발명은 반도체나 FPD의 검사장비나 정밀가공장비 등에 사용되는 시편이송장치에 관한 것으로; 베이스프레임(10)상에 탑재되어 제1가이드블록(21)을 따라 이동하는 제1슬라이드(20)와, 상기 제1슬라이드(20)상에 탑재되어 제2가이드블록(32)을 따라 이동하는 제2슬라이드(30)가 상호 교차하는 방향으로 장착된 이동부와; 상기 제2슬라이드(30)에 일체로 형성된 유연기구모듈(50)을 매개로 설치된 시편테이블(40)을 통해 시편(41)을 이송하며, 상기 시편테이블(40)에 상호 수직방향으로 장착된 X,Y바미러(42,43)를 통해 변위를 측정하는 이송부 및; 상기 이동부의 작동경로에 장착된 레이저헤드(61)와 빔분할기(62)와 인터페로미터(63)를 거쳐 발산되어 상기 X,Y바미러(42,43)에 의해 반사되는 빔의 간섭신호를 리시버(64)를 통해 입력받아 변위신호로 출력하는 측정부로 이루어져; 슬라이드에 의한 변형이 시편테이블로 전달되지 않으므로 시편테이블을 포함한 미러와 시편 등의 변형오차가 줄어들고 미러와 시편의 상대거리가 세팅되어 측정정확도가 향상될 뿐만 아니라, 시편의 가공에 따른 정확도가 향상되므로 불량률이 최소화되어 생산성이 향상된다.

대표도 - 도10



(72) 발명자

최영만

대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 기계공
학과

안다훈

대전 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 기계공
학과

정훈택

경기도 성남시 중원구 상대원동 223-12 현대아이벨
리 210호

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

베이스프레임(10)상에 탑재되어 제1가이드블록(21)을 따라 이동하는 제1슬라이드(20)와, 상기 제1슬라이드(20)상에 탑재되어 제2가이드블록(32)을 따라 이동하는 제2슬라이드(30)가 상호 교차하는 방향으로 장착된 이동부와;

상기 제2슬라이드(30)의 상부면에 유연기구(50)를 통해 탑재된 시편테이블(40)을 이용하여 시편(41)을 이송하며, 상기 시편테이블(40)에 상호 수직방향으로 장착된 X,Y바미러(42,43)를 통해 변위를 측정하는 이송부 및;

상기 이동부의 작동경로에 장착된 레이저헤드(61)와 빔분할기(62)와 인터페로미터(63)를 거쳐 발산되어 상기 X,Y바미러(42,43)에 의해 반사되는 빔의 간섭신호를 리시버(64)를 통해 입력받아 변위신호로 출력하는 측정부;

를 포함하며;

상기 유연기구(50)는,

상기 제2슬라이드(30)의 상부면에 상하방향을 따라 일정간격을 두고 규칙적으로 관통된 다수개의 완충공(53) 및; 상기 완충공(53)의 중심부에 맞추어 절개되어 상기 시편테이블(40)이 탑재되는 탑재부(52)와 다리부(56)의 변형공간을 제공하는 다수개의 변형라인(54);

이 형성된 것을 특징으로 하는 슬라이드변형흡수용 유연기구모듈을 이용한 시편이송장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 2항에 있어서, 상기 탑재부(52)는,

그 상면에 상기 시편테이블(40)과 면접촉하는 완충부재(55)가 고정된 것을 특징으로 하는 슬라이드변형흡수용 유연기구모듈을 이용한 시편이송장치.

청구항 7

제 2항에 있어서, 상기 탑재부(52)와 상기 다리부(56)의 접촉면이 직선형상 또는 반원형상 또는 타원형상 또는 각형상 중 어느 하나 또는 조합에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 슬라이드변형흡수용 유연기구모듈을 이용한 시편이송장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 2항에 있어서, 상기 유연기구(50)는,

하기의 식 (1) 내지 (3)에 의해 상기 완충공(53)과 상기 변형라인(54)을 조절하여 상기 탑재부(52)와 상기 다리부(56)를 구성한 것을 특징으로 하는 슬라이드변형흡수용 유연기구모듈을 이용한 시편이송장치.

[식 1]

$$-. \Delta x \geq \Delta L$$

여기서, Δx : 유연기구부의 변형량, ΔL : 슬라이드부의 열변형량,

[식 2]

$$-. Fl/4 \leq M_{max}$$

여기서, $Fl/4$: 모멘트의 크기, M_{max} : 안전계수의 고려시 한지에 최대응력이 가해지도록 하기 위한 모멘트의 크기, F : 열팽창력, l : 링크의 길이,

[식 3]

$$-. \sigma = \delta limit$$

여기서, σ : 유연기구부의 처짐량, $\delta limit$: 유연기구부의 처짐한계치,

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 반도체나 FPD의 검사장비나 정밀가공장비 등에 사용되는 시편이송장치에 관한 것으로, 특히 시편이송장치의 슬라이드로부터 발생하는 변형이 시편테이블로 전달되는 것을 방지하여 측정 정확도를 향상시킬 수 있도록 한 슬라이드변형흡수용 유연기구모듈을 이용한 시편이송장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 시편이송장치는 반도체나 FPD의 검사장비나 정밀가공장비 등에 사용되는 측정/가공대상물(이하, 시편이라 통칭함)을 탑재하여 원하는 장소로 이송하는 장치로서, 이 시편이송장치로는 미러에 입사되는 레이저 빔과, 미러를 맞고 반사되는 레이저 빔 간의 간섭에 의해 측정되는 신호로 변위신호를 분석하는 이른바 레이저 변위 측정 시스템이 사용되고 있다.

[0003] 예컨대, 도 1에서와 같이, 시편이송장치(100)는, X,Y가이드(111,112)에 의해 상호 교차방향으로 가이드되는 X,Y 슬라이드(113,114)와, 상기 Y슬라이드(114)에 탑재되어 시편(115)을 이송하는 시편테이블(116) 및, 상기 시편테이블(116)에 상호 수직방향으로 장착된 X.Y바미러(117,118)를 구비한 본체부 및;

[0004] 상기 본체부의 작동경로에 장착되면서 레이저헤드(131)에서 출력되어 빔분할기(132)를 거쳐 분할된 X.Y빔을 상기 X.Y바미러(117,118)로 발산하는 인터페로미터(133)와, 상기 X.Y바미러(117,118)에 의해 반사되는 간섭신호를 입력받아 변위신호로 변환하는 X.Y리시버(134)를 구비한 측정부;로 이루어진다.

[0005] 따라서, 시편이송장치(100)에 의한 시편(115)의 위치 측정은 상기 시편테이블(116)에 고정된 X.Y바미러(117,118)와, 이 X.Y바미러(117,118)에 의해 반사되는 레이저빔 간의 간섭에 의해 측정되는 구조이므로, 상기 시편(115)의 정확한 위치를 측정하기 위해서는 상기 X.Y바미러(117,118)와 상기 시편(115)간의 상대 변위가 일정하게 유지되는 과제가 선결되어야 한다.

[0006] 그러나, 시편이송장치(100)의 시편테이블(116)은 다음과 같은 이유에 의하여 쉽게 변형될 수 있는데, 첫번째는 가이드부(111,112)의 가공오차나 진직도 및 편평도의 오차로 인해 슬라이드(113,114)를 과구속하기 때문이고, 두번째는 주위 온도가 변할 경우 슬라이드(113,114)와 시편테이블(116)간의 열팽창 계수 차이로 인해 발생하는 변형량의 차이 때문이며, 특히 슬라이드(113,114)와 시편테이블(116)이 볼트 등과 같은 체결수단을 통해 과구속된 경우 슬라이드(113,114)의 변형이 시편 테이블(116)에 그대로 전달되는 문제점이 있다.

- [0007] 이에 의해, 도 2에서와 같이, 시편이송장치(100)의 사용과정에서, 상기한 요인에 의해 시편테이블(116)의 변형이 발생하는 경우 미러(117)와 시편(115)의 변형을 유발시키고 둘 사이의 상대 거리를 변화시킨다. 이는 그대로 측정 오차로 유발되므로 시편의 정확한 위치 결정을 어렵게 한다.
- [0008] 그뿐 아니라, 시편이송장치(100)의 측정부에서 출력되는 레이저빔(135)이 미러(117)에 입사할 때 시편테이블(116)의 변형으로 인한 미러(117)의 틸트오차로 인해 레이저빔의 정렬이 틀어진다면 입사빔과 반사빔 간에 간섭이 일어나지 않게 되고 변위 측정 신호를 잃어버리게 된다. 레이저빔(135)을 이용한 변위 측정 시스템에서 측정 신호를 잃어버린다는 것은 제어안정성을 저하시키는 치명적인 문제가 될 수 있으므로 반드시 방지해야 한다.
- [0009] 한편, 도 3에서와 같이, 미국특허(2003/0020225A1)에 의하면, 슬라이드(114)와 시편테이블(116)의 사이공간에 X,Y방향으로 모션 자유도를 갖는 3개의 변형방지기구(150)를 장착하여, 슬라이드(114)의 변형이 시편테이블(116)로 전달되지 않도록 하는 구성이 제안된 바 있다.
- [0010] 그리고, 미국특허는 시편이송장치(100)를 구성하는 과정에서, 변형방지기구(150)의 X,Y방향으로의 낮은 강성을 방지하기 위해 X,Y방향의 모션을 구속하는 유연기구(160)를 추가적으로 구성한다.
- [0011] 하지만, 미국특허는 변형방지기구(150)의 보강수단으로 유연기구(160)를 사용한다고 하더라도 X,Y 방향의 강성 저하를 보상하기는 어려울 뿐 아니라 비대칭 구조로 인해 주위 온도 변화가 있을 때 비대칭 특성이 발생한다.
- [0012] 그뿐 아니라, 변형방지기구(150,160)의 높이로 인해 시편(115)과 슬라이드(114)간의 높이 차이가 발생한다. 이는 구동부의 무게 중심을 높일 뿐 아니라 구동력이 작용하는 지점과 실제 무게 중심 간의 오프셋을 형성하여 제어 안정성을 저하시킨다는 문제가 있다.
- [0013] 한편, 도 4에서와 같이, 슬라이드(114)의 상부측에 시편테이블(116)으로 고정하는 3개의 완충기구(170)를 구성하여, 상기 완충기구(170)에 의해 6자유도 구속을 수행하며 열팽창 방향 중심에서 멀어지는 반경 방향으로의 자유도만을 허용함으로써, 슬라이드(114)의 변형이 시편테이블(116)로 전달되지 않도록 하는 구성이 제안된 바 있다.
- [0014] 그러나, 도 4에 의한 시편이송장치(100)는 완충기구(170)의 가공과 조립이 어렵다는 문제점이 있을 뿐만 아니라 완충기구(170)의 높이로 인해 시편테이블(116)과 슬라이드(114)간의 높이 차이가 발생한다. 이는 시편이송장치의 구동부의 무게 중심을 높일 뿐 아니라 구동력이 작용하는 지점과 실제 무게중심 간의 오프셋을 형성하여 제어안정성을 저하시킨다.
- [0015] 한편, 시편이송장치(100)로서 초 정밀도를 요구하는 정밀장비의 경우 상기한 문제점을 해결하기 위해 상기 슬라이드(113,114)와 시편테이블(116)의 소재 자체를 인바 혹은 제로더 등을 사용하여 단일 몸체로 만드는 경우도 있지만, 인바 혹은 제로더의 비용이 알루미늄에 비해 최소 10배 이상 비쌀 뿐더러 가공성이 나빠 가공비 역시 증가하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0016] 이에, 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 하부구조의 변형이 상부구조로 전달되는 것을 막기 위한 유연기구모듈을 구성하고, 이를 시편이송장치의 슬라이드에 한 몸체로 형성하여, 혹은 슬라이드부에 볼트 체결을 통해 결합하여 슬라이드의 변형이 시편테이블로 전달되는 것을 방지시킬 수 있도록 한 슬라이드변형흡수용 유연기구모듈을 이용한 시편이송장치를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- [0017] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은; 베이스프레임에 탑재되어 제1가이드블록을 따라 이동하는 제1슬라이드와, 상기 제1슬라이드에 탑재되어 제2가이드블록을 따라 이동하는 제2슬라이드가 상호 교차하는 방향으로 장착된 이동부와; 상기 제2슬라이드에 일체로 형성된 유연기구를 매개로 설치된 시편테이블을 통해 시편을 이송하며, 상기 시편테이블에 상호 수직방향으로 장착된 X,Y바미러를 통해 변위를 측정하는 이송부 및; 상기 이동부의 작동경로에 장착된 레이저헤드와 빔분할기와 인터페로미터를 거쳐 발산되어 상기 X,Y바미러에 의해 반사

되는 빔의 간섭신호를 리시버를 통해 입력받아 변위신호로 출력하는 측정부로 이루어진다.

효 과

- [0018] 이상에서와 같이 본 발명에 따른 슬라이드변형흡수용 유연기구모듈을 이용한 시편이송장치에 의하면, 시편이송 장치에 구성된 제2슬라이드에 일체로 유연기구를 구성함으로써 혹은 유연 기구 모듈을 제작하여 슬라이드부에 결합시킴으로서 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.
- [0019] 첫째, 슬라이드에 의한 변형이 시편테이블로 전달되지 않으므로 시편테이블을 포함한 미러와 시편 등의 변형오차가 줄어들고 미러와 시편의 상대거리가 세팅되어 측정정확도가 향상될 뿐만 아니라, 시편의 가공에 따른 정확도가 향상되므로 불량률이 최소화되어 생산성이 향상된다.
- [0020] 둘째, 시편이송장치의 제조과정에서 슬라이드와 유연기구를 한 몸체로 형성하는 것이 가능해지므로 구성부품의 제조비용이 절감될 뿐만 아니라 슬라이드의 무게중심이 상대적으로 낮추어져 제어안정성을 높일 수 있으므로 고속 모션에 용이하며 그로 인해 높은 생산성의 달성이 가능하다.
- [0021] 셋째, 시편이송장치의 제조과정에서 슬라이드의 재질을 고가인 인바나 제로더가 아닌 일반적인 알루미늄이나 알루미늄합금으로 제조하는 것이 가능해져 슬라이드를 포함한 구성부품의 재료비를 절약할 수 있을 뿐만 아니라 구성부품의 가공성이 향상되어 가공비를 절감할 수 있는 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

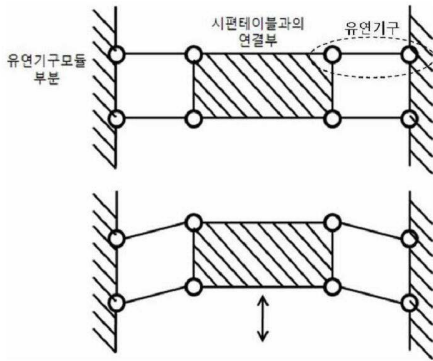
- [0022] 이하, 본 발명에 따른 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [0023] 도 5와 도 6은 본 발명에 따른 시편이송장치의 결합상태 및 분해상태를 도시한 도면이고, 도 7은 본 발명에 따른 시편이송장치의 유연기구모듈을 도시한 도면이며, 도 8과 도 9는 유연기구모듈의 설치상태 및 변형상태를 도시한 일실시예와 이실시예이고, 도 10은 본 발명에 따른 유연기구모듈의 일례를 도시한 확대도이다.
- [0024] 도 5 내지 도 10에서와 같이; 베이스프레임(10)에 탑재되어 제1가이드블록(21)을 따라 이동하는 제1슬라이드(20)와, 상기 제1슬라이드(20)에 탑재되어 제2가이드블록(32)을 따라 이동하는 제2슬라이드(30)가 상호 교차하는 방향으로 장착된 이동부와; 상기 제2슬라이드(30)에 형성된 유연기구(50)를 매개로 설치된 시편테이블(40)을 통해 시편(41)을 이송하며, 상기 시편테이블(40)에 상호 수직방향으로 장착된 X,Y바미러(42,43)를 통해 변위를 측정하는 이송부 및; 상기 이동부의 작동경로에 장착된 레이저헤드(61)와 빔분할기(62)와 인터페로미터(63)를 거쳐 발산되어 상기 X,Y바미러(42,43)에 의해 반사되는 빔의 간섭신호를 리시버(64)를 통해 입력받아 변위신호로 출력하는 측정부로 이루어진다.
- [0025] 먼저, 본 실시예에 따른 시편이송장치(1)는 설치장소의 X축 및 Y축방향으로 왕복이동하는 이동부와, 상기 이동부에 탑재되어 측정/가공대상물(41, 이하 시편이라 통칭함)을 이송하는 이송부 및, 상기 이송부에 의해 이송되는 시편(41)의 위치를 레이저빔으로 측정하는 측정부로 이루어진다.
- [0026] 그리고, 이동부는, 베이스프레임(10)에 탑재되어 외부신호에 따라 X축 및 Y축방향으로 왕복이동하는 것으로서, 베이스프레임(10)에 탑재된 제1슬라이드(20)와 제2슬라이드(30)가 상호 교차하는 방향으로 장착된다.
- [0027] 또한, 제1슬라이드(20)는, 베이스프레임(10)의 상면 바람직하게는, 베이스프레임(10)의 상면 중심부에 일정간격을 두고 나란하게 장착된 한 쌍의 가이드레일(11)에 탑재되며, 특히 가이드레일(11)에 결합되는 제1가이드블록(21)을 매개로 도면상 X축방향으로 왕복이동한다.
- [0028] 또한, 제2슬라이드(30)는, 베이스프레임(10)의 상부측 바람직하게는, 제1슬라이드(20)의 상면 양측부에 일정간격을 두고 나란하게 장착된 한 쌍의 가이드레일(31)에 탑재되며, 특히 가이드레일(31)에 결합되는 제2가이드블록(32)을 매개로 도면상 Y축방향으로 왕복이동한다.
- [0029] 그리고, 이송부는, 제2슬라이드(30)에 탑재되어 시편(41)을 이송하는 것으로서, 제2슬라이드(30)에 탑재되면서 그 상면에 시편(41)이 놓여지는 시편테이블(40)과, 상기 시편테이블(40)과 상기 제2슬라이드(30)의 사이에 개재되어 상기 제2슬라이드(30)의 변형을 흡수하는 유연기구모듈(50)로 구성된다.
- [0030] 또한, 시편테이블(40)은, 제1슬라이드(30)와 제2슬라이드(30)에 의해 왕복이동하는 것으로, 그 상면에 레이저빔

의 변위 측정을 위한 X바미러(42) 및 Y바미러(43)가 상호 수직하는 방향으로 장착된다.

[0031] 또한, 제2슬라이드(30)와 시편테이블(40)에 각각의 체결공(51,45)이 형성되어 시편테이블(40)의 결합과정에서 이용된다.

[0032] 또한, 유연기구모듈(50)은, 제2슬라이드(30)의 상면에 구성되어 제2슬라이드(30)의 변형이 시편테이블(40)로 전달되는 것을 차단하는 것으로서, 슬라이드의 변형시 유연기구모듈에 구성되어 있는 1개의 유연기구는 [참고도 1]과 같이 단축 방향으로 변형하여 슬라이드의 변형 전 시편테이블의 형상을 유지한다.

[0033] [참고도 1]



[0034] 따라서, 유연기구모듈(50)의 각 유연기구부는 단축 방향으로 작은 범위의 변형을 할 수 있도록 형성되며, 특히 유연기구의 가공성, 변형형태 등을 고려하여 다양한 종류와 형태로 제조하는 것이 가능하다.

[0036] 한편, 유연기구(50)는, 상기 제2슬라이드(30)의 상부면에 상하방향을 따라 일정간격을 두고 규칙적으로 관통된 다수개의 완충공(53) 및; 상기 완충공(53)의 중심부에 맞추어 절개되어 상기 시편테이블(40)이 탑재되는 탑재부(52)와 다리부(56)의 변형공간을 제공하는 다수개의 변형라인(54)으로 이루어진다.

[0037] 또한, 유연기구(50)를 구성하는 과정에서 탑재부(52)의 양측부에 한 개 또는 그 이상의 다리부(56)를 일체로 형성함이 바람직하다.

[0038] 이때, 탑재부(52)에 형성된 체결공(51)은 상기 시편테이블(40)과 볼트와 같은 체결수단을 통해 고정되는 수단으로 이용된다.

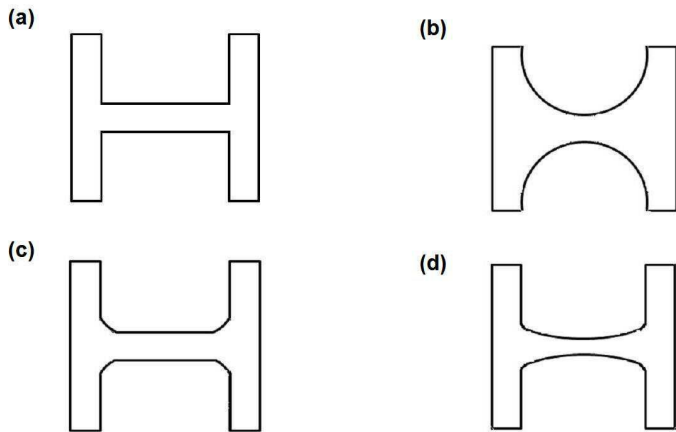
[0039] 또한, 유연기구(50)의 구성과정에서 상기 완충공(53)들의 경우 정확한 위치 및 크기에 맞추어 정밀가공하고, 상기 변형라인(54)은 완충공(53)들의 위치에 맞추어 Wire-EDM으로 가공함이 바람직하다.

[0040] 특히, 유연기구는 [참고도 2]의 (a)에서와 같이, 탑재부(52)와 다리부(56)의 접촉면을 직선형상으로 형성하는 판스프링형 유연기구와, (b)에서와 같이 탑재부(52)와 다리부(56)의 접촉면을 반원형상으로 형성하는 정원(right circular)힌지 유연기구와, (c)에서와 같이 탑재부(52)와 다리부(56)의 접촉면을 각형상으로 형성하는 모서리보강(corner filleted)힌지 유연기구, (d)에서와 같이 탑재부(52)와 다리부(56)의 접촉면을 타원으로 형성하는 타원형(elliptical)힌지 유연기구 등과 같이 다양한 형태를 구성할 수 있는 것이다.

[0041] 이때, 판스프링 유연기구는 큰 변위를 얻을 수 있지만 변형을 허용하는 축 외의 방향으로 강성이 비교적 약한 단점이 있으며, 정원(right circular) 힌지 유연기구의 경우에는 변형량은 상대적으로 작지만 축외 강성이 큰 장점이 있다.

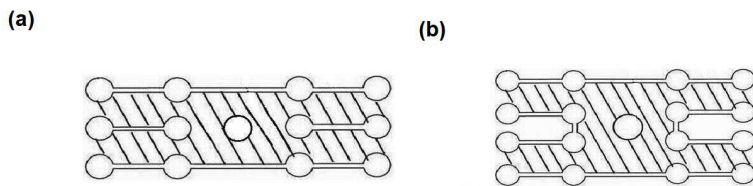
[0042] 이 외에도 두 형태의 유연기구가 갖는 장단점을 적절히 보충한 타원형 힌지 유연기구나 모서리보강 힌지 유연기구 등이 있다. 이들을 이용하여 다양한 형태의 유연기구의 구성이 다음 그림과 같이 가능하다.

[0043] [참고도 2]



[0044]

[0045] [참고도 3]



[0046]

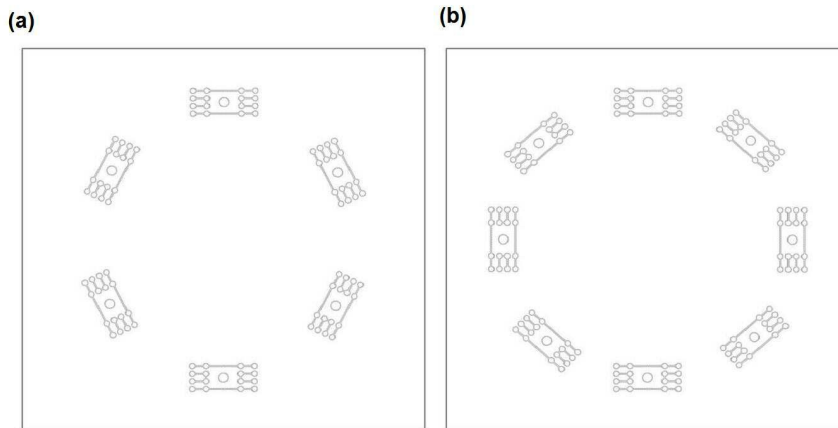
[0047] [참고도 3]은 정원 힌지 유연기구를 이용한 형상을 예로 들었으며 4바-링크지(4-bar linkage) 메커니즘을 통해 단축 방향으로의 변형이 허용 가능하다. 상기의 예 이외에도 더 복잡한 메커니즘이 구현 가능하나 4-바 메커니즘의 가공이 가장 용이하다고 볼 수 있다.

[0048] 또한, 유연기구(50)는 슬라이드의 변형이 시편테이블로 전달되는 것을 방지하기 위해 유연기구모듈 상에 수 개를 배치할 수 있다. 기본적으로 평면상에서의 3자유도를 구속하기 위해 단축 방향의 변형이 허용되는 유연기구가 최소 3개부터 이용될 수 있으며, 그 이상의 개수에 대해서도 배치 가능하다.

[0049] 따라서, 3개의 유연기구를 이용하여 도 9(a)와 (b)에서와 같이 제2슬라이드(30)의 일측 양모서리부와 타측 중심부에 배치하고, 4개를 사용하여 도 8 (b)에서와 같이 제2슬라이드(30)의 네 모서리부에 각각 배치한다.

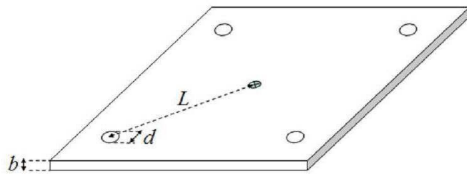
[0050] 그리고, 6개, 8개 또는 그 이상의 유연기구에 대해서도 [참고도 4]와 같이 유연기구모듈을 구성할 수 있다. 유연 기구의 배치가 항상 대칭적인 구조일 필요는 없으며 비대칭적으로 5개 혹은 7개를 배치하더라도 슬라이드부의 열변형이 시편 테이블에 전해지는 것을 방지할 수 있다.

[0051] [참고도 4]



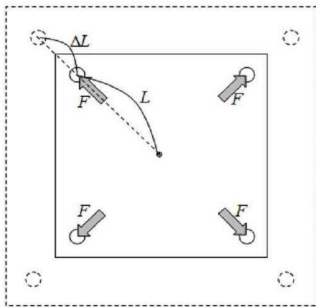
- [0052]
- [0053] 그리고, 유연기구(50)는 상기 제2슬라이드(30)상에 일체로 형성할 수도 있지만 별도의 부재로 형성하여 결합할 수도 있음은 당연하다.
- [0054] 그리고, 측정부(60)는, 레이저빔에 의해 시편테이블(40)에 탑재되어 이송되는 시편(41)의 위치를 측정하는 것으로서, 제1,2슬라이드(20,30)의 이동경로에 장착되면서 레이저빔을 출력하는 레이저헤드(61)와, 상기 레이저헤드(61)에 의해 출력되는 레이저빔을 X빔과 Y빔으로 분할하는 빔분할기(62), 상기 빔분할기(62)에 의해 이분할되는 빔을 X바미터(42)와 Y바미터(43)로 각각 출력하는 인터페로미터(63) 및, 상기 X,Y바미터(42,43)에 의해 각각 반사되는 간섭신호를 입력받아 변위신호로 변환하는 X,Y리시버(64)로 이루어진다.
- [0055] 이하, 본 발명에 따른 작용을 설명하면 다음과 같다.
- [0056] 먼저, 시편이송장치(1)의 작동과정에서, 시편테이블(40)의 X방향 변위는 X 바미터(42)에 의해 측정되면서 Y방향 변위는 Y바미터(43)에 의해 측정되므로, 측정부에 의해 시편(41)의 위치가 측정된다.
- [0057] 즉, 레이저헤드(61)에서 출력되는 빔은 빔분할기(62)를 거치며 두방향의 빔(X,Y)으로 나뉘진 다음, 인터페로미터(63)를 거쳐 X,Y바미터(42,43)를 맞고 반사되어 인터페로미터(63)에서 간섭을 일으킨다.
- [0058] 이어서, 측정부의 리시버(64)에 의해 인터페로미터(63)의 간섭신호가 측정되며 신호 처리되어 변위 신호로 변환된다.
- [0059] 만일, 제1,2슬라이드(20,30)가 과구속이나 열팽창 등의 원인으로 인해 변형이 발생하는 경우, 일단 제2슬라이드(30)의 변형이 유연기구(50)를 통해 흡수된 상태에서 시편테이블(40)로 전달되는 것이다.
- [0060] 즉, 제2슬라이드(30)가 변형되더라도 도 8b와 도 9b에서와 같이 유연기구(50)의 완충공(53)이나 변형라인(54)이 상기 제2슬라이드(30)의 변형량에 대응하는 만큼 변형되어 슬라이드(30)의 변형을 흡수하는 것이다.
- [0061] 이로 인해, 제2슬라이드(30)의 변형이 직접 시편테이블(40) 또는 X,Y바미터(42,43)로 전달되지 않으므로, 시편테이블(40)에 탑재된 시편(41)과 미러(42,43)의 상대거리가 정확히 측정되는 것이다.
- [0062] 이하, 본 발명에 따른 유연기구의 설계방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0063] 먼저, 온도변화가 있을 때 슬라이드부의 열팽창을 방지하기 위한 유연 기구 힌지부의 설계 방법에 대한 가이드라인을 제시하고자 한다.

[0064] [참고도 5]



[0065]

[0066] [참고도 6]



[0067]

[0068] [참고도 5]에 일반적으로 볼트 체결을 통해 시편테이블을 고정하는 슬라이드부의 형상을 간략화하여 도시하였다. [참고도 6]과 같이 온도변화가 있을 경우 슬라이드부의 변형이 발생한다. 실선으로 표시된 부분은 변형 전의 슬라이드부 형상을 나타내며 점선으로 표시한 부분은 열팽창이 된 슬라이드부의 형상을 나타낸다.

[0069] 슬라이드부의 중심을 기준으로 하여 반경방향으로 슬라이드부가 팽창하게 된다. 슬라이드부가 시편 테이블과 네 부분에서 볼트 체결이 되어 있다고 가정할 때 열팽창에 의해서 각각의 체결부에 F의 힘 (이하 열 팽창력이라고 함)이 작용한다고 볼 수 있다. 이때 열 팽창력 F는 다음과 같이 주어진다.

[0070] [식 1]

$$F = \sigma A = E \epsilon A = E \frac{\Delta L}{L} A = E \frac{\alpha L \Delta T}{L} A = E \frac{\alpha L \Delta T d b}{L} = E \alpha \Delta T d b$$

where $A = db, \Delta L = \alpha L \Delta T$

[0071]

[0072] 여기서, α 는 재료의 열팽창 계수, E는 재료의 탄성율(elastic modulus), A는 체결부의 단면적(cross-section), d는 체결을 위해 사용되는 볼트의 지름, b는 슬라이드부의 두께, L은 슬라이드부의 중심에서 체결부까지의 거리, ΔL 은 열변형에 의해 체결부가 팽창되는 변형량을 나타낸다.

[0073] 따라서 유연 기구 마운트를 사용하여 슬라이드부의 열변형량이 시편 테이블에 전달되지 않도록 하기 위해서는 첫번째로 단일 유연 기구부가 열팽창력을 받아 변형해 줄 수 있는 허용량이 ΔL 이상이 되어야 한다.

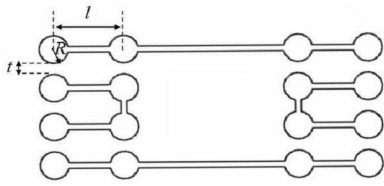
[0074] 두 번째로는 유연 기구부의 허용 변형량이 ΔL 이상이 되더라도 항복(yield) 현상이 발생하면 안되므로 유연 기구부의 힌지에 가해지는 최대 응력(stress)이 항복강도(yield strength) 이하가 되도록 하여야 한다.

[0075] 세 번째로는 상기의 두 조건을 충족 시키더라도 유연 기구 마운트 상부에 고정되는 시편 테이블과 시편, 미러의 총 질량에 의해 중력 방향 처짐이 발생하는데 이 값이 적절한 처짐량 이하가 되어야 한다.

[0076] 따라서 상기의 세 조건을 모두 충족 시키는 유연 기구 구조가 바람직하다고 볼 수 있다.

[0077] 먼저, 첫 번째 만족시켜야 할 조건을 살펴해보도록 하자. 열팽창력 F에 의해 하나의 유연 기구부가 변형되는 정도를 계산하기 위해서 단일 유연 기구부의 강성을 구해야 한다.

[0078] [참고도 7]

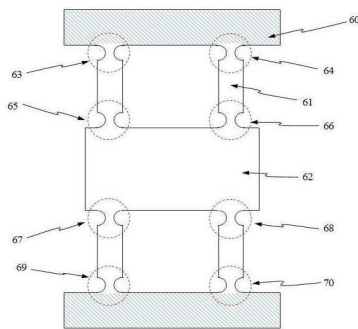


[0079]

[0080] 이해를 돕기 위해서 단일 유연 기구부의 형상을 [참고도 8]과 같이 표현 하고자 한다. [참고도 7]의 기구부와 [참고도 8]의 기구부의 형상에 차이가 있어 보이나 구조와 메커니즘은 동일하다.

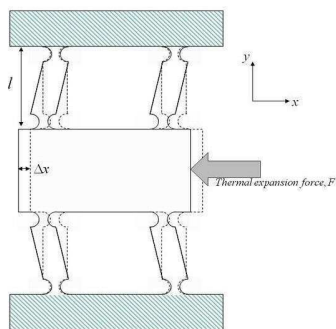
[0081] 단일 유연기구부는 다음과 같이 구성된다. 60은 슬라이드부 혹은 슬라이드에 고정되는 부분을 의미하며 62는 시편 테이블을 고정하는 고정부, 61 은 슬라이드부와 고정부 간을 연결하는 연결(link)부분, 64~70 은 회전 자유도를 갖는 8 개의 힌지를 나타낸다. 열팽창력 F 가 작용할 경우 단일 유연 기구부가 변형되는 형상을 아래 [참고도 9]에 나타내었다.

[0082] [참고도 8]



[0083]

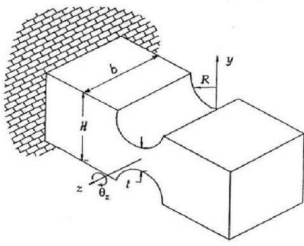
[0084] [참고도 9]



[0085]

[0086] 여기서, 8개의 힌지(64~70)의 회전에 의해 고정부의 위치가 Δx 만큼 변화된다. 이때 변형량 Δx 를 알아내기 위해서 먼저 각각의 힌지의 변형을 통해 저장되는 포텐셜에너지(potential energy)를 계산해야 한다. 단일 힌지의 형상을 [참고도 10]에 나타내었다.

[0087] [참고도 10]



[0088]

[0089] 단일 힌지의 변형을 통해 저장되는 포텐셜에너지(potential energy)는 식 (1) 과 같이 표현된다.

[0090] [식 2]

$$V = \frac{1}{2} k_{\theta} \left(\frac{\Delta x}{l} \right)^2$$

[0091]

[0092] 여기서 k_{θ} 는 힌지부의 회전 강성을 나타내며 식 (2) 와 같이 주어진다.

[0093] [식 3]

$$k_{\theta} = \frac{2Ebt^{5/2}}{9\pi R^{1/2}}$$

[0094]

[0095] 그리고 $\Delta x/l$ 은 힌지의 회전각을 나타낸다. 힌지의 변형량이 상당히 작다고 보면 회전각을 $\Delta x/l$ 로 근사할 수 있다. 8개의 힌지가 사용되므로 전체 힌지에 저장되는 포텐셜에너지는 식 (4) 와 같이 주어진다.

[0096] [식 4]

$$V = 8 \times \frac{1}{2} \times k_{\theta} \left(\frac{\Delta x}{l} \right)^2$$

[0097]

[0098] 단일 유연 기구부의 강성 K 를 계산하기 위해서 포텐셜에너지 "V"를 "x"로 미분하면 복원력 F 를 계산 가능하며 식 (5) 와 같이 표현된다.

[0099] [식 5]

$$F = \frac{\partial V}{\partial x} = 8k_{\theta} \left(\frac{\Delta x}{l^2} \right) = \frac{16\Delta x Ebt^{5/2}}{9\pi R^{1/2} l^2}$$

[0100]

[0101] 복원력 F를 x 에 대해 미분하면 단일 유연 기구부의 강성을 계산할 수 있으며 식 (6) 과 같이 표현된다.

[0102] [식 6]

$$K = \frac{F}{\Delta x} = \frac{16Ebt^{5/2}}{9\pi R^{1/2} l^2}$$

[0103]

[0104] (2)~(6) 의 식을 이용하여 계산되는 단일 유연 기구부의 변형량 Δx 는 식 (7) 과 같이 표현된다.

[0105] [식 7]

$$\Delta x = \frac{F}{K} = \frac{9\pi R^{1/2} l^2}{16Ebt^{5/2}} \times E\alpha\Delta Tdb$$

[0106]

[0107] 슬라이드부의 열변형량(ΔL)이 시편 테이블에 전달되지 않도록 하기 위해서는 단일 유연 기구부의 변형량(Δx)이 ΔL 이상이 되어야 한다(Δx ≥ ΔL). 따라서 식 (8)의 조건을 만족 시켜야 한다.

[0108] [식 8]

$$\frac{9\pi R^{1/2} l^2}{16Ebt^{5/2}} \times E\alpha\Delta Tdb \geq \alpha L\Delta T$$

$$\frac{9\pi R^{1/2} l^2 Edb}{16Ebt^{5/2}L} \geq 1$$

[0109]

[0110] 두 번째로는 힌지부에 가해지는 스트레스가 항복강도(yield strength) 이하가 되어야 하므로 이에 대한 조건을 생각해 보고자 한다. 안전 계수를 고려하여 힌지에 가해지는 최대 응력(stress)의 크기를 σ_{max}라 할 때 σ_{max} = (0.1~0.3)σ_y로 설정한다. 힌지에 σ_{max}의 응력(stress)이 가해지도록 하기 위한 모멘트의 크기(M_{max})는 식 (9)와 같이 주어진다.

[0111] [식 9]

$$M_{\max} = \frac{bt^2}{6K_t} \sigma_{\max} \quad : \quad \sigma_{\max} = (0.1 \sim 0.3)\sigma_y$$

[0112]

[0113] 여기서 K_t는 응력집중요소(stress concentration factor)로서 식 (10)과 같이 표현된다.

[0114] [식 10]

$$K_t = \frac{2.7t + 5.4R}{8R + t} + 0.325$$

[0115]

[0116] 열팽창력 F가 단일 유연 기구부에 작용할 때 4개의 링크(link)에 동일하게 분산되므로 하나의 링크에 가해지는 힘의 크기는 F/4가 된다. 그리고 링크의 길이가 l이므로 하나의 링크를 구성하는 두 개의 힌지 각각에 가해지는 모멘트의 크기는 Fl/4가 된다. 따라서 힌지의 항복현상(yield)을 방지하기 위해서는 열팽창력에 의해 각 힌지에 작용하는 모멘트의 크기(=Fl/4)가 M_{max}의 크기보다 작아야 하며 이를 식 (11)에 표현하였다.

[0117] [식 11]

$$\frac{Fl}{4} \leq \frac{bt^2}{6K_t} \sigma_{\max}$$

$$\frac{8xEt^{1/2}K_t}{3\pi R^{1/2}l} \leq \sigma_{\max}$$

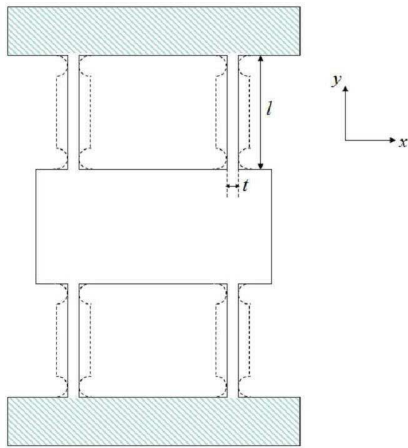
[0118]

[0119] 세 번째 조건은 유연 기구 마운트 상부에 시편 테이블이 고정될 경우 하중에 의해 고정부 및 링크가 중력 방향으로 처지는 현상이 발생하는데 이 값이 적절한 값 이하가 되도록 해야 한다. 따라서 고정부의 처짐량을 계산하고자 한다.

[0120] 단면적이 일정한 보의 경우 처짐량을 계산하는 것은 처짐 공식을 사용하여 간단히 계산할 수 있으나 본 발명에서 제안하는 유연 기구부의 경우 힌지의 구조적 특징으로 인해 단면적이 일정하지 않으므로 처짐량을 계산하는 것이 쉽지 않다.

[0121] 따라서 최악의 조건을 가정하여 처짐량을 계산토록 한다. 여기서 최악의 조건이라 함은 그림 7에서와 같이 보의 단면이 힌지와 오목한 부분과 동일한 단면으로 구성된 보를 사용한 유연 기구부를 사용한 경우를 말한다.

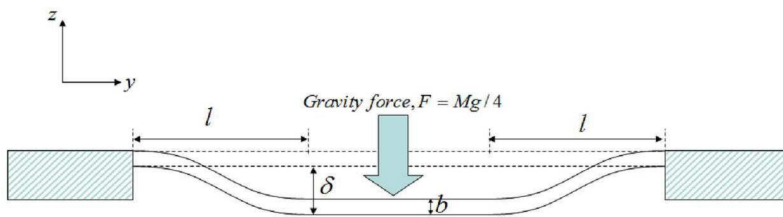
[0122] [참고도 11]



[0123]

[0124] 유연 기구 마운트의 고정부의 질량, 그 상부에 고정되는 시편 테이블의 질량 및 미러와 시편의 질량을 모두 합하여 M 이라고 하자. 4개의 유연 기구부에 균일하게 분포된 하중이 작용한다고 하면 단일 유연 기구부의 고정부에는 $Mg/4$ 의 힘이 중력 방향으로 작용한다고 볼 수 있다. 이때 유연 기구부의 처짐 형상은 그림 8 과 같다.

[0125] [참고도 12]



[0126]

[0127] 이때 유연 기구부의 처짐량 δ 는 보의 처짐 공식으로부터 식 (12) 와 같이 표현된다.

[0128] [식 12]

$$\delta = \frac{1}{12EI} Fl^3 = \frac{1}{12EI} \left(\frac{Mg}{4} \right) l^3$$

[0129]

[0130] 보의 단면 형상을 살펴보면(그림 7,8 참고) 너비가 t, 높이가 b 로 주어지는 직사각형 형상이므로, 단면 관성모멘트(area moment of inertia)는 식 (13) 과 같이 주어진다.

[0131] [식 13]

$$I = \frac{1}{12} tb^3$$

[0132]

[0133] 따라서 처짐량 δ 는 최종적으로 식 (14) 와 같이 계산된다.

[0134] [식 14]

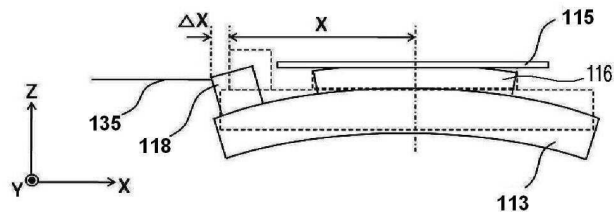
$$\delta = \frac{Mgl^3}{4Et b^3}$$

[0135]

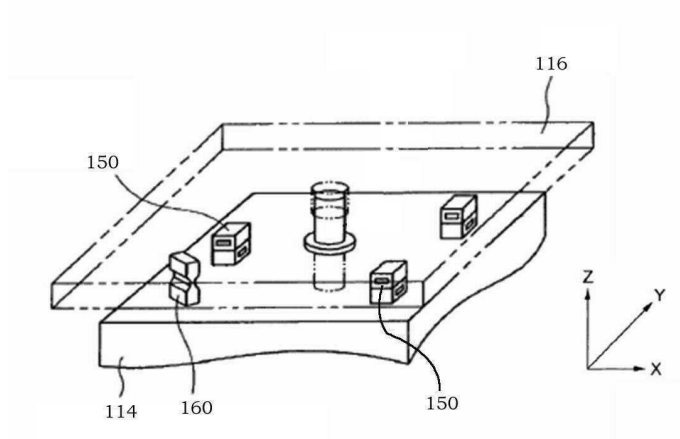
[0136] 이 값이 적절한 처짐 한계치(δ limit) 이하가 되도록 힌지를 설계하면 된다.

[0137] 따라서 바람직한 유연 기구부의 설계를 위해서는 상기 언급한 세 조건을 모두 만족시켜야 하며 이를 식 (8), (11), (14) 에 표현하였다.

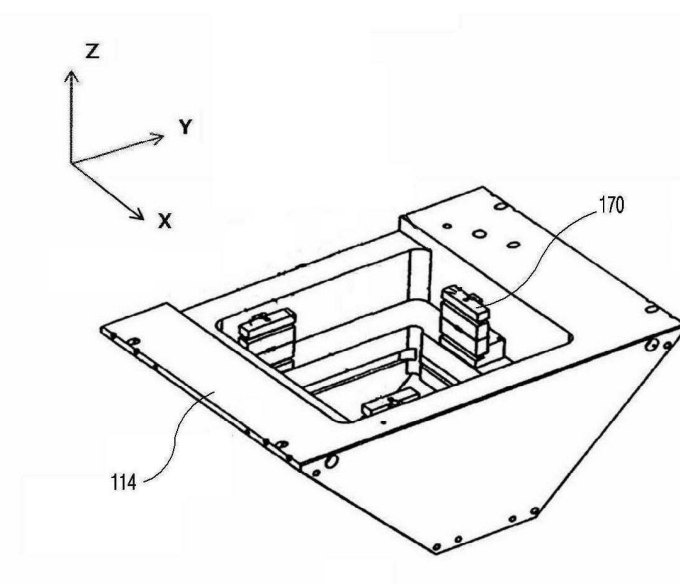
도면2



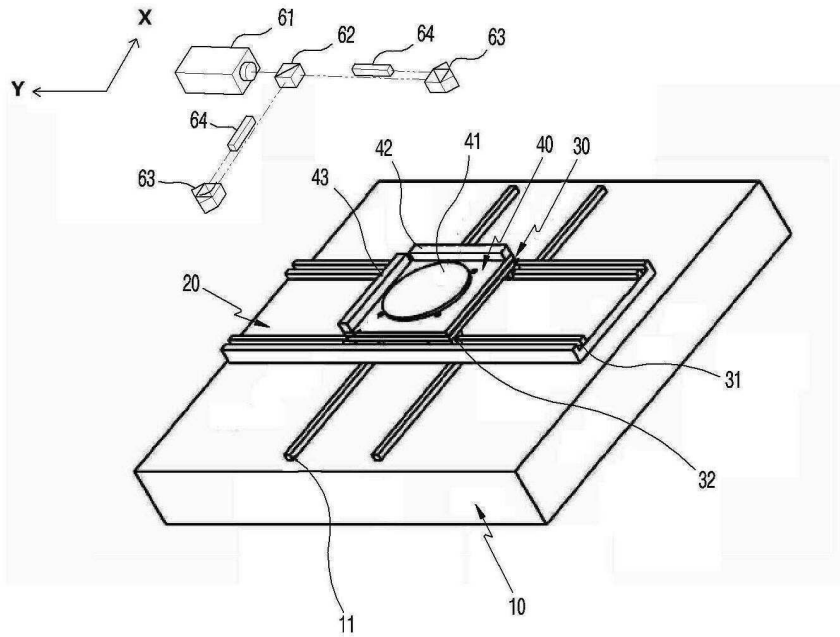
도면3



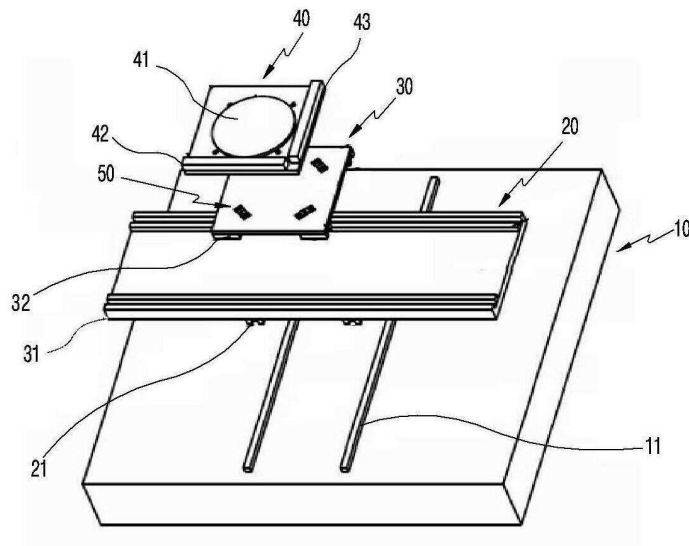
도면4



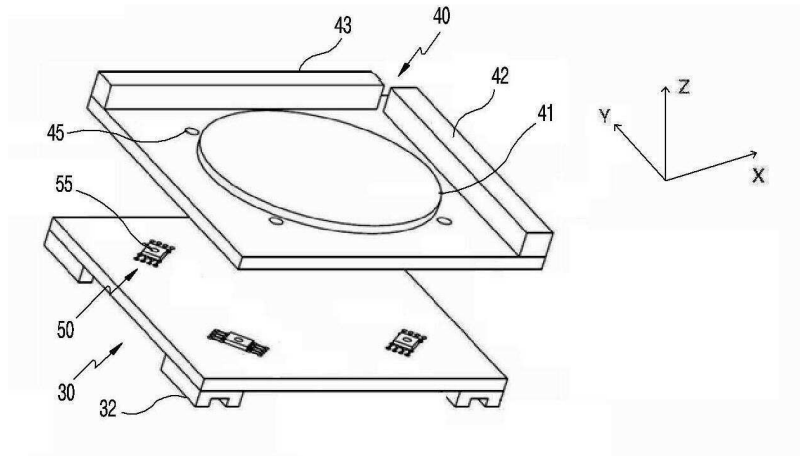
도면5



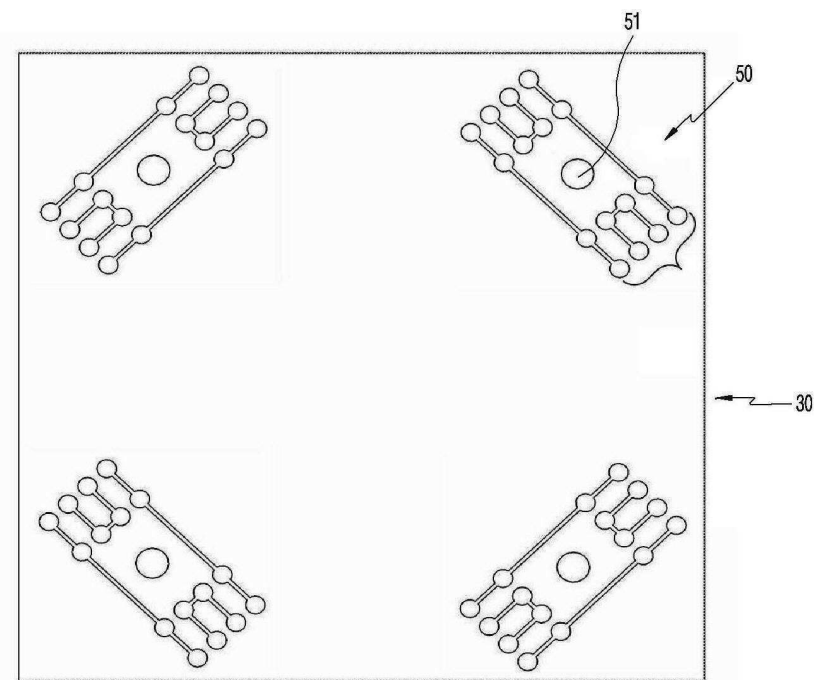
도면6



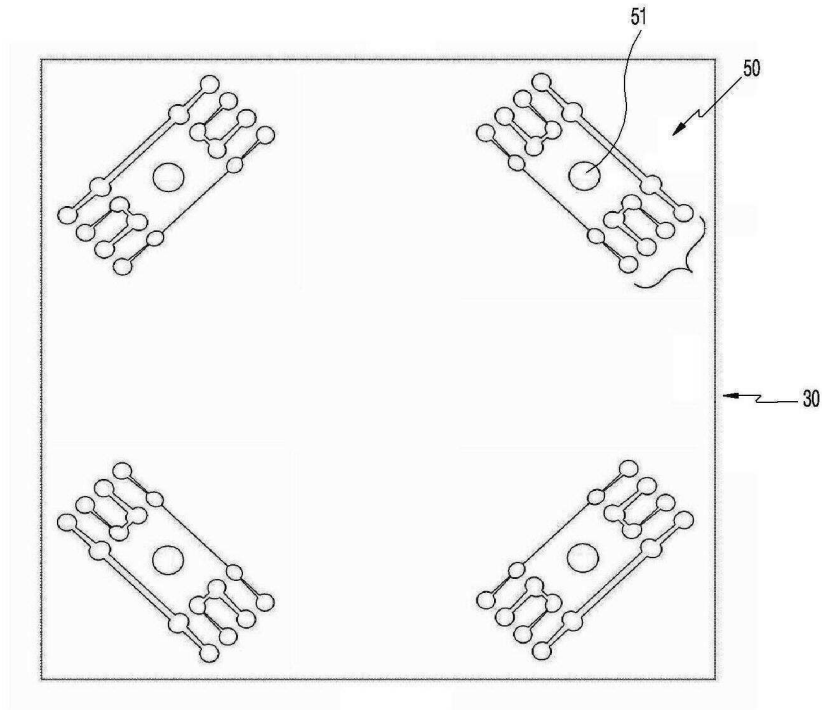
도면7



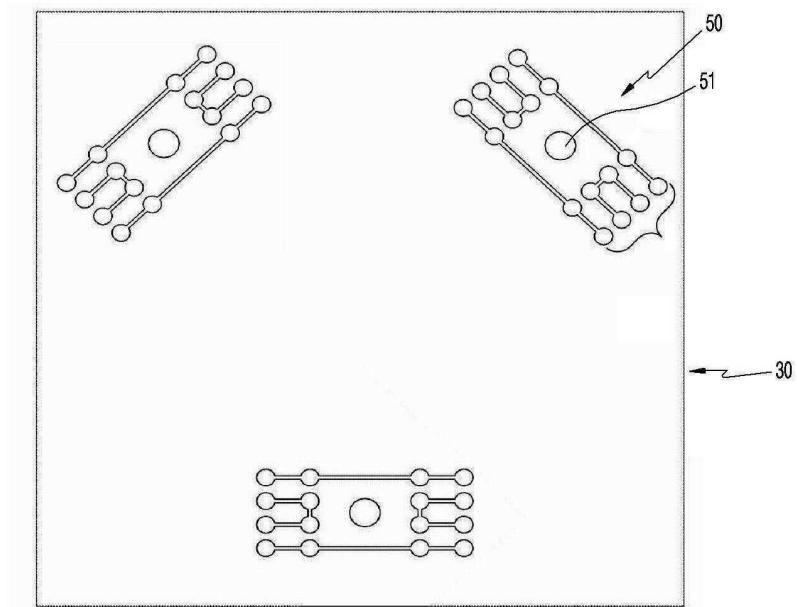
도면8a



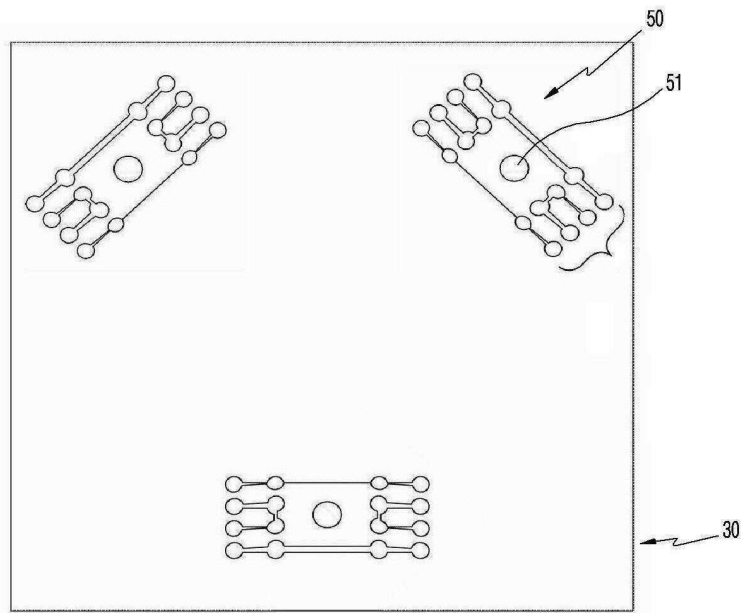
도면8b



도면9a



도면9b



도면10

