



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.
G01L 5/16 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0084803
(43) 공개일자 2007년08월27일

(21) 출원번호 10-2006-0017020
(22) 출원일자 2006년02월22일
심사청구일자 2006년02월22일

(71) 출원인 경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 가좌동 900

(72) 발명자 김갑순
경상남도 진주시 평거동 191-1 (29/8) 들말홍한타운 105-601

전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서

(57) 요약

본 발명은 3개방향의 힘(F_x , F_y , F_z)을 동시에 측정할 수 있고, 크기와 정격용량이 매우 작은, 즉 크기가 가로 길이 40 mm 이하, 세로 길이 20 mm 이하, 높이가 8 mm 이하이며, 최소 정격용량이 힘 $F_x=F_y=F_z=5$ N 이하인 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서에 관한 것으로, 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보의 양 끝에 힘전달블록과 몸체블록이 결합된 힘 F_z 를 감지하는 세로감지센서와; 힘 F_x 를 감지하는 수평방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보와 힘 F_y 를 감지하는 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보가 길이방향(가로방향)으로 위치하여 힘 F_x 를 감지하는 평행평판보의 한쪽 끝은 몸체블록과, 힘 F_y 를 감지하는 평행평판보의 한쪽 끝은 고정블록과 결합하는 가로감지센서가 직각(90도)을 이루며 한 몸체로 구성되는 것을 특징으로 한다. 상기와 같은 본 발명에 따른 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서는 힘 F_x , F_y , F_z 를 감지하는 평행평판보가 서로 독립되어 있고, 각각 두께, 폭, 길이의 설계변수를 가지고 있으므로 같은 정격변형률을 갖고 각각의 힘(F_x , F_y , F_z)의 같은 정격용량 혹은 각각 다른 정격용량을 갖는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서를 설계할 수 있고, 아울러 상호간섭오차가 이론해석과 유한요소해석결과 모두 0인 우수한 센서로서 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서로 사용될 수 있다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

3개 방향의 힘(F_x , F_y , F_z)를 동시에 측정하는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서구조에 있어서, 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보(30)의 양 끝에 힘전달블록(70)과 몸체블록(40)이 결합된 힘 F_z 를 감지하는 세로감지센서와; 힘 F_x 를 감지하는 수평방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보(10)와 힘 F_y 를 감지하는 수직방향으로 사각관통홀이

있는 1개의 평행평판보(20)가 길이방향(가로방향)으로 위치하여 힘 F_x 를 감지하는 평행평판보(10)의 한쪽 끝은 몸체블록(40)과, 힘 F_y 를 감지하는 평행평판보(20)의 한쪽 끝은 고정블록(50)과 결합하는 가로감지센서가 직각(90도)을 이루고 한 몸체로 구성된 것을 특징으로 하는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 힘 F_x 와 F_y 를 감지하기 위하여 서로 90도 방향으로 위치하고 가로방향으로 놓인 사각관통홀이 있는 평행평판보(10)와 평행평판보(20)의 상하 및 앞뒤에 각각 4개씩의 스트레인게이지, 즉 총 8개의 스트레인게이지와; 힘 F_z 를 감지하기 위하여 세로방향으로 놓인 사각관통홀이 있는 평행평판보(30)의 좌우에 4개씩의 스트레인게이지를 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 3개방향의 힘(F_x , F_y , F_z)을 동시에 측정할 수 있고, 크기와 정격용량이 매우 작은, 즉 크기가 가로의 길이가 40 mm 이하, 세로의 길이가 20 mm 이하, 높이가 8 mm 이하이며, 최소 정격용량이 힘 $F_x=F_y=F_z=5$ N 이하인 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서에 관한 것으로, 특히 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서의 각 센서(힘 F_x 센서, F_y 센서, F_z 센서)의 모두 같은 정격출력을 갖고 정격용량(정격힘)을 모두 같게(힘 $F_x=F_y=F_z=5$ N) 혹은, 모두 다르게(힘 $F_x=5$ N, $F_y=10$ N, $F_z=15$ N) 설계할 수 있는 구조를 가진 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서에 관한 것이다.

지금까지 지능형 로봇의 그리퍼를 제작하는 힘센서는 한 방향 힘감지센서(로드 셀)로서, 이것은 로봇의 그리퍼가 잡는 방향의 힘만 측정할 수 있는 것이다. 미지물체를 손상시키거나 떨어지지 않도록 안전하게 잡기 위해서는 물체의 잡는 방향의 힘과 물체의 무게를 측정할 수 있는 힘들을 측정해야 한다. 그러나 위에서 설명한 로봇의 그리퍼는 한 방향의 힘만 측정하므로 미지물체를 안전하게 잡을 수 없었다.

따라서 미지물체를 깨뜨리거나 떨어뜨리지 않도록 안전하게 잡기 위해서는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서로 지능형 로봇의 그리퍼를 구성하여 제작해야 한다. 따라서 지능형 로봇의 그리퍼는 물체를 잡는 방향의 힘과 물체의 무게를 측정할 수 있는 힘들의 정격용량이 각각 다르기 때문에 같은 정격출력을 갖고 다른 정격용량을 갖는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서로 구성되어야 한다.

즉 지능형 로봇의 그리퍼 구조는 같은 정격출력을 갖고 다양한 정격용량을 갖는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서로 설계되어야 한다.

한편, 종래에도 다양한 구조의 지능형 로봇의 그리퍼로 사용이 가능한 6축 힘/모멘트 센서들이 제안되었는바, 그중 도 4(a), (b)와 같은 대한민국 특허 제 0471642호에 나타난 소형 6축 힘/모멘트센서는 3개 방향의 힘과 3개 방향의 모멘트를 동시에 측정하는 소형 6축 힘/모멘트 센서구조에 있어서, 상부 힘/모멘트 전달블록(50)을 중심으로 전후 및 좌우에 각각 1개씩의 감지평판보(30a~30d)가 십자형으로 연결되어 있고 각 평행평판보 끝에는 상부 고정블록(60a~60d)이 각각 결합되어 힘 F_z , 모멘트 M_x , M_y 를 감지하는 상부감지센서와; 하부 힘/모멘트 전달블록(70a) 중앙에 수직으로 2개의 감지평판보(40a, 40b)가 일직선으로 결합되고 그 끝에 중앙 고정블록(70b)이 결합되어 힘 F_x , F_y 및 모멘트 M_z 를 감지하는 하부감지센서(20)로 이루어지되; 상기 상부감지센서(10)와 하부감지센서(20)가 분리되고 이것을 나사를 이용하여 고정하여 한 몸체로 구성되어 있다. 이 6축 힘/모멘트센서는 3개의 힘센서(힘 F_x 센서, 힘 F_y 센서, 힘 F_z 센서)와 3개의 모멘트 센서(모멘트 M_x 센서, 모멘트 M_y 센서, 모멘트 M_z 센서)로 구성되어 있어 지능형 로봇의 그리퍼 센서로 사용할 수 있으나, 크기가 가로 및 세로의 길이가 각각 37 mm 이상, 높이가 70 mm 이상이고, 최소 정격용량이 힘 $F_x=F_y=F_z=20$ N 이상, 모멘트 $M_x=M_y=M_z=1$ Nm 이상이므로 크기와 용량이 크다는 단점과, 미지물체를 안전하게 잡기 위해 필요한 3개의 힘센서(힘 F_x 센서, 힘 F_y 센서, 힘 F_z 센서)보다 3개의 모멘트 센서가 더 있으므로 가격이 2배로 높다는 단점을 가지고 있다.

그중 도 5(a)와 같은 일본특허 제3,044,233호에 나타난 6분력 로드셀은 힘 F_z 와 모멘트 M_x , M_y 를 감지하는 상부 감지센서와, 힘 F_x , F_y 와 모멘트 M_z 를 감지하는 하부 감지센서로 구성되어 있다. 상부 감지센서 및 하부 감지센서 모두 감지부의 폭(b), 두께(t), 길이(l)의 크기를 조절하여 각 센서를 설계하기 때문에 힘 F_x 센서, F_y 센서, F_z 센서 혹은 모멘트 M_x 센서, M_y 센서, M_z 센서의 정격용량을 모두 같도록 설계 혹은 원하는 정격용량으로 6축 힘/모멘트 센서로 설계할 수 없기 때문에 도 5(a)에 나타난 6축 로드셀은 로봇 그리퍼용 센서로 부적합하였다.

또한 종래 상기 일본특허 제3,044,233호는 도 5(b)에 도시된 바와 같이 다수의 스트레인게이지가 부착되어 있는 수평방향으로 사각 수평관통홀이 있는 평행평판 4개가 상부 힘/모멘트 전달블록(101)을 중심으로 십자형으로 결합하여 힘 F_z 와 모멘트 M_x , M_y 를 감지하는 상부센서(100), 다수의 스트레인게이지가 부착되어 있는 수직방향으로 사각 수평관통홀이 있는 평행평판 4개가 하부 힘/모멘트 전달블록(102)을 중심으로 십자형으로 결합하여 모멘트 M_z 를 감지하는 하부센서(103), 상부센서(100)와 하부센서(103)를 연결하며 다수의 스트레인게이지가 부착되어 있는 4개의 수직보로 힘 F_x 와 F_y 를 감지하는 중간부센서(104)로 구성되어 있는데, 이와 같은 종래 센서는 상부센서와 하부센서를 고정하는 수직보의 크기가 작으면 스트레인게이지를 부착할 수 없을 뿐만 아니라, 힘 F_x 센서와 F_y 센서의 강성도가 매우 작아져 동적인 상태에서의 힘 및 모멘트 측정이 불가능해진다. 그리고, 이와 같은 구조의 특성상 힘 F_x 센서와 F_y 센서의 정격용량을 100 N이하로는 설계할 수 없다.

따라서 상기와 같은 종래 6축 힘/모멘트 감지센서는 3개의 힘센서의 용량 및 3개의 모멘트센서의 용량을 모두 다르게 설계할 수 없는 단점을 가지고 있을 뿐만 아니라 미지물체를 안전하게 잡기 위해 필요한 3개의 힘센서(힘 F_x 센서, 힘 F_y 센서, 힘 F_z 센서)보다 3개의 모멘트 센서가 더 있으므로 가격이 2배 이상 높다는 단점을 가지고 있다.

한편, 도 6으로 제안된 종래 미국특허 제4,763,531호의 6축 힘/모멘트센서는 도면에 도시된 바와 같이 외부링(112)(112')과 허브(111)(111')의 사이에 스트레인게이지가 부착된 4개의 빔(114~117)(114'~117')을 각각 90° 간격으로 연결하여 상부센서(110)와 하부센서(110')를 형성하고, 이 상부센서(110)와 하부센서(110')를 보울트로 연결하여 다분력 로드셀로 구성되었다.

이와 같은 종래 로드셀은 상부센서(110)와 하부센서(110')가 서로 분리되어 있음에 따라 가공이 용이하다는 장점을 가지고 있으나, 각각의 힘과 모멘트를 측정하기 위한 감지부가 사각형의 빔(114~117)(114'~117')으로 형성되어 있음에 따라 힘 F_x 센서, F_y 센서, F_z 센서 혹은, 모멘트 M_x 센서, M_y 센서, M_z 센서의 정격용량을 모두 같도록 설계 혹은 원하는 정격용량으로 6축 힘/모멘트 센서를 설계할 수 없는 단점 뿐만 아니라 미지물체를 안전하게 잡기 위해 필요한 3개의 힘센서(힘 F_x 센서, 힘 F_y 센서, 힘 F_z 센서)보다 3개의 모멘트 센서가 더 있으므로 가격이 2배 이상 높다는 단점을 가지고 있다.

도 7은 종래의 힘/모멘트 감지센서의 또 다른 일예를 나타낸 미국특허 5,889,214호로서, 도면에 도시된 것처럼, 십자형 빔(213, 213', 213'')과, 상기 빔(213, 213')의 끝점을 연결하는 상부링(210)과, 상기 빔(213, 213'')의 끝점을 연결하는 하부링(220)으로 구성되어 있다. 이와 같은 로드셀은 힘 F_x 센서와 모멘트 M_z 센서의 감지부, 힘 F_y 센서와 모멘트 M_z 센서의 감지부, 힘 F_z 센서와 모멘트 M_x 센서의 감지부와 M_y 센서의 감지부가 각각 공유하므로 힘/모멘트의 비를 10:1(3개의 힘센서의 정격용량을 100 N, 3개의 모멘트센서의 용량을 10 Nm)부터 20:1까지로 설계 가능하지만, 3개의 힘센서의 용량 및 3개의 모멘트센서의 용량을 모두 다르게 설계할 수 없다. 그리고 힘 F_x 가 가해질 때 M_y 감지센서로부터 출력되는 상호간섭오차와 힘 F_y 가 가해질 때 M_x 감지센서로부터 출력되는 상호간섭오차가 5~10%로, 이같이 상호간섭오차가 매우 큼에 따라 힘 F_x , F_y , F_z 와 모멘트 M_x , M_y , M_z 의 정밀측정에 사용할 수 없다는 문제점이 있다.

따라서 상기와 같이 종래의 6축 힘/모멘트 센서들의 구조는 같은 정격출력을 갖고 다양한 정격용량을 갖는 6축 힘/모멘트 센서를 설계할 수 없고 센서의 작은 크기와 적은 정격용량을 설계할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 예를 들면, 정격출력은 모두 0.5 mV/V이고, 힘 F_x 센서의 정격용량은 10 N, F_y 센서는 15 N, F_z 센서는 20 N, 모멘트 M_x 센서는 1 Nm, M_y 센서는 2 Nm, M_z 센서는 1.5 Nm인 소형 6축 힘/모멘트 센서를 설계 및 제작할 수 없다. 따라서 상기 6축 힘/모멘트 센서는 각 센서의 다양한 정격용량 및 센서의 작은 크기와 적은 정격용량을 가진 소형 6축 힘/모멘트 센서의 구조로 적당하지 않을 뿐만 아니라 미지물체를 안전하게 잡기 위해 필요한 3개의 힘센서(힘 F_x 센서, 힘 F_y 센서, 힘 F_z 센서)보다 3개의 모멘트 센서가 더 있으므로 가격이 2배 이상 높다는 단점을 가지고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이에 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 발명된 것으로, 같은 정격출력을 가지고 3개의 힘센서의 용량이 모두 같게 설계할 수 있을 뿐만 아니라 3개의 힘센서를 모두 다르게 설계할 수 있고, 크기와 정격용량이 매우 작은, 즉 크기가 가

로의 길이가 40 mm 이하, 세로의 길이가 20 mm 이하, 높이가 8 mm 이하이고, 최소 정격용량이 힘 $F_x=F_y=F_z=5\text{ N}$ 이하이며, 상호간섭오차가 매우 작아 3개 방향의 힘을 동시에 정확하게 측정할 수 있는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서를 제 공함에 그 목적이 있다.

상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서에 있어서, 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보의 양 끝에 힘전달블록과 몸체블록이 결합된 힘 F_z 를 감지하는 세로감지센서와; 힘 F_x 를 감지하는 수평 방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보와 힘 F_y 를 감지하는 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보가 길이방향(가로방향)으로 위치하여 힘 F_x 를 감지하는 평행평판보의 한쪽 끝은 몸체블록과, 힘 F_y 를 감지하는 평행평판보의 한쪽 끝은 고정블록과 결합하는 가로감지센서가 직각(90도)을 이루고 한 몸체로 되는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성

이하, 본 발명을 첨부된 예시 도면에 의거 상세히 설명한다.

본 발명은 3개 방향의 힘을 동시에 측정하는 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서구조에 있어서, 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보(30)의 양 끝에 힘전달블록(70)과 몸체블록(40)이 결합된 힘 F_z 를 감지하는 세로감지센서와; 힘 F_x 를 감지하는 수평방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보(10)와 힘 F_y 를 감지하는 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보(20)가 길이방향(가로방향)으로 위치하여 힘 F_x 를 감지하는 평행평판보(10)의 한쪽 끝은 몸체블록(40)과, 힘 F_y 를 감지하는 평행평판보(20)의 한쪽 끝은 고정블록(50)과 결합하는 가로감지센서가 직각(90도)을 이루고 한 몸체로 구성되어 있다.

한편, 도 1은 본 발명에 따른 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서의 구성도를 나타낸 도면으로서, 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보(30)의 양 끝에 힘전달블록(70)과 몸체블록(40)이 결합된 힘 F_z 를 감지하는 세로감지센서와; 힘 F_x 를 감지하는 수평방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보(10)와 힘 F_y 를 감지하는 수직방향으로 사각관통홀이 있는 1개의 평행평판보(20)가 길이방향(가로방향)으로 위치하여 힘 F_x 를 감지하는 평행평판보(10)의 한쪽 끝은 몸체블록(40)과, 힘 F_y 를 감지하는 평행평판보(20)의 한쪽 끝은 고정블록(50)과 결합하는 가로감지센서가 직각(90도)을 이루고 한 몸체로 구성되어 있으며, 힘전달블록의 나사홀(80)은 힘을 센서에 전달하기 위해 부착되는 하우징 등을 고정하기 위하여 사용되고, 고정블록의 나사홀(60)은 그리퍼에 고정하기 위하여 사용된다.

도 2는 본 발명은 설계변수(치수)를 나타낸 도면으로, 평행평판보(10, 20)의 설계변수는 두께 t , 폭 b , 길이 l 의 크기이고, 평행평판보(30)의 설계변수는 두께 t_1 , 폭 b_1 , 길이 l_1 의 크기이다.

도 3은 스트레인게이지의 부착위치를 나타낸 도면으로, 힘 F_x 를 감지하는 스트레인 게이지($S_1\sim S_4$)는 평행평판보(10)의 상하면에 각각 부착되고, 힘 F_y 를 감지하는 스트레인 게이지($S_5\sim S_8$)는 평행평판보(20)의 앞뒤면에 각각 부착되며, 힘 F_z 를 감지하는 스트레인 게이지($S_9\sim S_{12}$)는 평행평판보(30)의 좌우면에 부착된다.

또한 각각의 힘을 감지하는 4개씩의 스트레인게이지는 휘스톤브리지를 구성한다.

따라서 고정블록(50)를 나사홀(60)을 이용하여 고정하고 힘전달블록(70)에 나사홀(80)을 이용하여 외부 하우징 등과 고정하여 힘을 가하면(미지물체를 잡으면), 평행평판보(10, 20, 30)에 힘이 전달된다. 그러면 평행평판보(10, 20, 30)에 부착된 스트레인게이지($S_1\sim S_{12}$)로부터 가해지는 힘에 상응하는 전압값이 출력된다.

상기와 같이 구성된 발명품에 따른 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서중 힘 F_x 및 F_y 를 감지하는 평행평판보(10, 20)의 크기를 나타내는 t, b, l 을 결정하는 식은 [식 1]이며, 이것은 힘 F_x 와 F_y 를 감지하기 위한 변형률을 계산하는 식이다. 그리고 힘 F_z 를 감지하는 평행평판보(30)의 크기를 나타내는 t_1, b_1, l_1 을 결정하는 식은 [식 1]을 그대로 사용할 수 있고 [식 1]의 t, b, l 대신에 t_1, b_1, l_1 를 대입하면 되며, 이것은 힘 F_z 를 감지하기 위한 변형률을 계산한다.

[식 1]

$$\varepsilon = \frac{6tx}{l^3} \left(v + \left(\alpha + \frac{l}{2} \right) \phi \right) - \frac{6t}{l^2} \left(\frac{v}{2} + \left(\frac{\alpha}{2} + \frac{l}{3} \right) \phi \right) + \frac{d\phi}{l}$$

여기서,

$$\phi = \frac{(2\alpha + l)F}{\frac{48EI}{l^2} \left(\frac{3}{2} \alpha + \frac{2}{3} l \right) + \frac{4AE d^2}{l}}$$

$$v = \frac{F - \frac{24EI}{l^2} \left(\alpha + \frac{l}{2} \right) \phi}{\frac{24EI}{l^2}}$$

이다.

따라서 위의 [식 1]를 이용하여, 크기 t, b, l를 결정하여 평행평판보(10, 20)와 크기 t1, b1, l1을 결정하여 평행평판보(30)를 설계할 수 있다.

발명의 효과

상기와 같이 본 발명에 따른 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서는 서로 독립되어 있는 평행평판보로 구분되어 있고, 설계변수가 두께(t, t1), 폭(b, b1), 길이(l, l1)으로 되어 있으므로 같은 정격변형률을 갖고 각각의 힘(Fx, Fy, Fz)의 같은 용량을 갖거나, 혹은 각각 다른 정격용량을 갖으며, 크기와 정격용량이 매우 작은, 즉 크기가 가로의 길이가 40 mm 이하, 세로의 길이가 20 mm 이하, 높이가 8 mm 이하이며, 최소 정격용량이 힘 Fx=Fy=Fz=5 N 이하인 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서를 설계할 수 있고, 아울러 상호간섭오차가 이론해석과 유한요소해석결과 모두 0인 우수한 센서로서 소형 6축 힘/모멘트 센서로 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 지능형 그리퍼용 소형 3축 힘센서의 구성을 나타낸 사시도,

도 2는 본 발명의 설계변수(치수)를 나타낸 도면,

도 3은 본 발명에 스트레인게이지의 부착위치를 나타낸 도면,

도 4 내지 도 7은 지능형 로봇의 그리퍼로 사용 가능한 종래 6축 힘/모멘트 센서(힘 Fx 센서, 힘 Fy 센서, 힘 Fz 센서, 모멘트 Mx 센서, 모멘트 My 센서, 모멘트 Mz 센서)의 실시 예들을 나타낸 도면들이다.

- 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 -

10 : 힘 Fx를 감지하는 Fx 감지센서(평행평판보),

20 : 힘 Fy를 감지하는 Fy 감지센서(평행평판보),

30 : 힘 Fz를 감지하는 Fz 감지센서(평행평판보),

40 : 몸체블록,

50 : 고정블록

60 : 고정블록의 나사홀

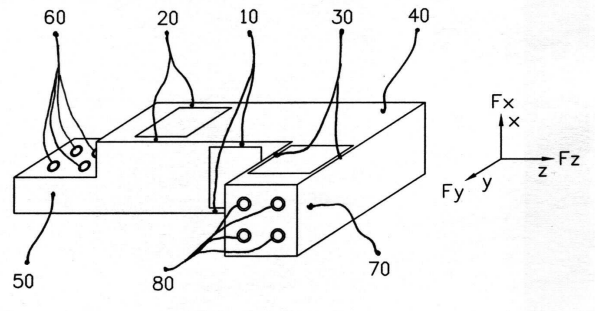
70 : 힘 전달블록

80 : 힘 전달블록의 나사홀

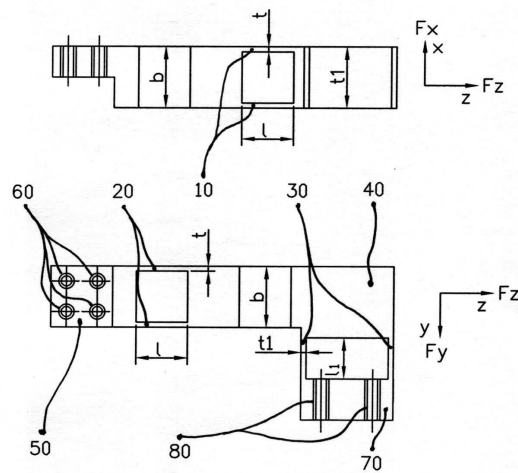
S1~S12 : 스트레인게이지

도면

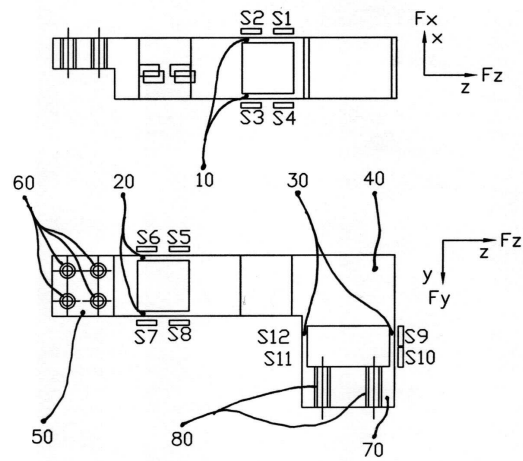
도면1



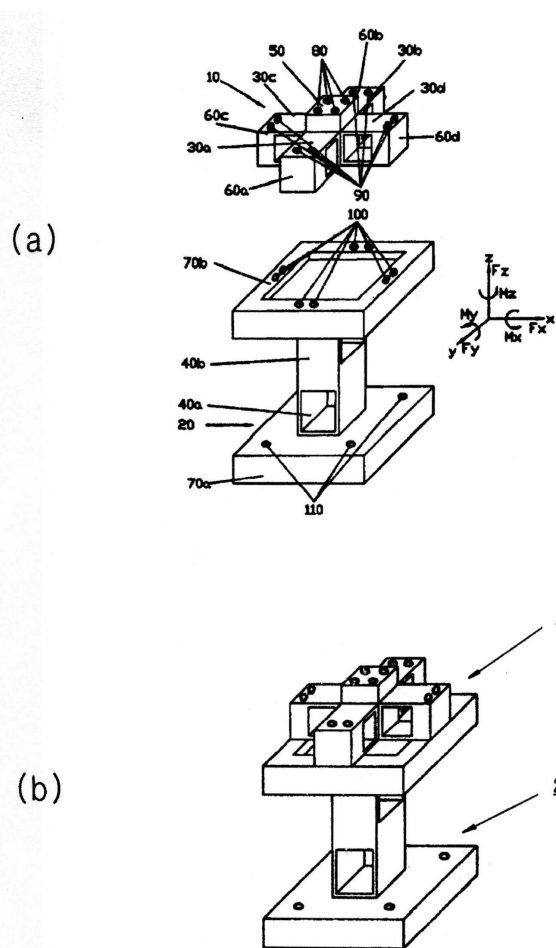
도면2



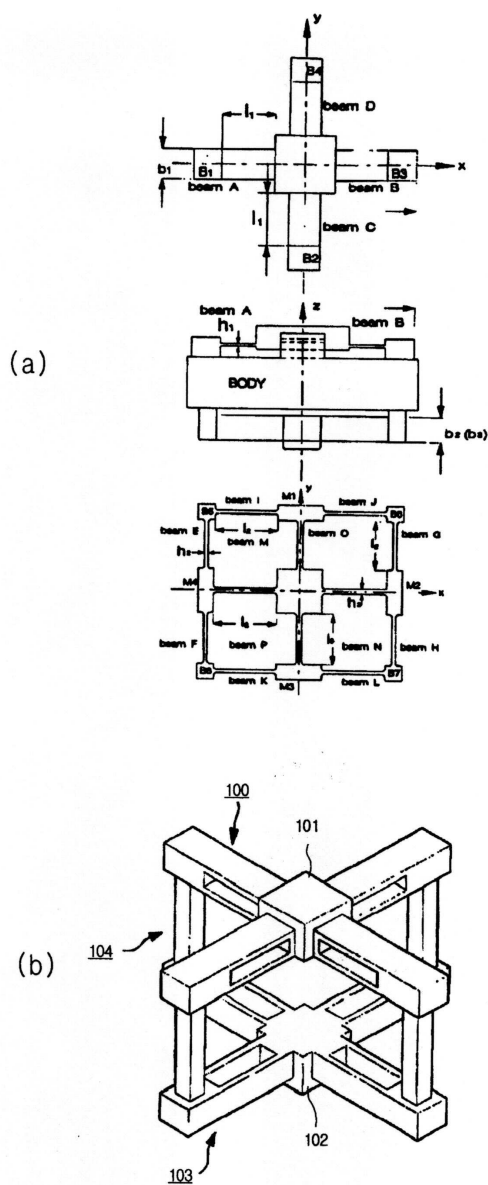
도면3



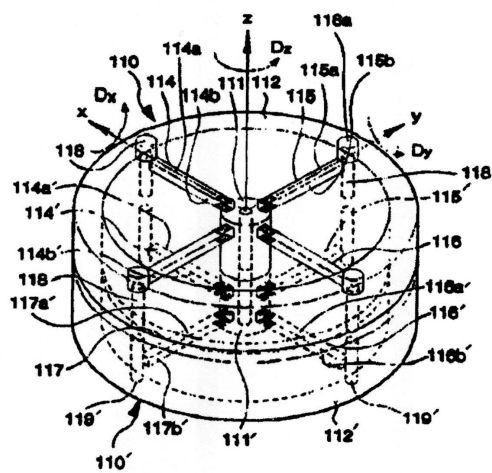
도면4



도면5



도면6



도면7

