



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0022034  
(43) 공개일자 2020년03월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01L 3/10 (2006.01) G01L 3/14 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G01L 3/10 (2013.01)  
G01L 3/14 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7004008
- (22) 출원일자(국제) 2018년07월09일  
심사청구일자 2020년02월12일
- (85) 번역문제출일자 2020년02월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2018/025896
- (87) 국제공개번호 WO 2019/035291  
국제공개일자 2019년02월21일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2017-156383 2017년08월14일 일본(JP)

- (71) 출원인  
아즈빌주식회사  
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7-3
- (72) 발명자  
세토 유키  
일본 1006419 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7-3 아즈빌주식회사 나이  
이시쿠라 요시유키  
일본 1006419 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7-3 아즈빌주식회사 나이  
오가사와라 리나  
일본 1006419 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7-3 아즈빌주식회사 나이
- (74) 대리인  
김태홍, 김진희

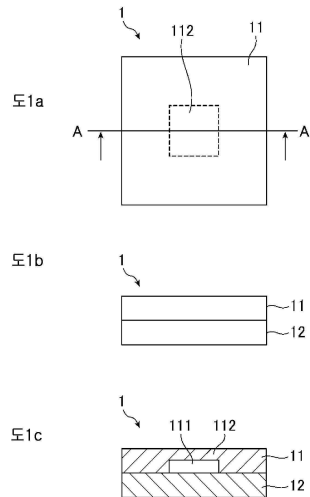
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 토크 검출기 및 토크 검출기의 제조 방법

(57) 요약

실리콘층(11)과, 실리콘층(11)에 형성된 저항 게이지(13)와, 실리콘층(11)의 일면에 형성되고, 상기 실리콘층(11)의 저항 게이지(13)가 형성된 개소를 박육부(薄肉部; 112)로 되게 하는 홈부(111)와, 실리콘층(11)의 일면에 접합된 절연층(12)을 구비하였다.

대표도



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

외력에 따라 변형이 발생하는 기관층과,  
상기 기관층에 형성된 저항 게이지와,  
상기 기관층의 일면에 형성되고, 상기 기관층의 상기 저항 게이지가 형성된 개소를 박육부(薄肉部)로 되게 하는 홈부, 그리고  
상기 기관층의 일면에 접합된 절연층  
을 구비한 토크 검출기.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 기관층은 실리콘층인 것을 특징으로 하는 토크 검출기.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 실리콘층은, 표면의 결정 방위가 (100)인 것을 특징으로 하는 토크 검출기.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 저항 게이지는, 상기 기관층에 성막(成膜)됨으로써 형성된 것을 특징으로 하는 토크 검출기.

#### 청구항 5

제2항 또는 제3항에 있어서, 상기 저항 게이지는, 상기 실리콘층의 <110> 방향에 형성된 것을 특징으로 하는 토크 검출기.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 저항 게이지는, 상기 실리콘층의 변 방향에 대해 비스듬한 방향으로 형성된 것을 특징으로 하는 토크 검출기.

#### 청구항 7

제5항에 있어서, 상기 저항 게이지는, 상기 실리콘층의 변 방향을 따라 형성된 것을 특징으로 하는 토크 검출기.

#### 청구항 8

제2항, 제3항 또는 제5항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 실리콘층의 일면에 형성되고, 상기 홈부를 상기 실리콘층의 측면과 연통(連通)시키는 연통홈부를 구비한 것을 특징으로 하는 토크 검출기.

#### 청구항 9

외력에 따라 변형이 발생하는 기관층에 저항 게이지를 형성하는 단계와,  
상기 기관층의 일면에, 상기 기관층의 상기 저항 게이지가 형성된 개소를 박육부로 되게 하는 홈부를 형성하는 단계, 그리고  
상기 기관층의 일면과 절연층을 접합하는 단계를 포함하는 토크 검출기의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 회전축체에 가해지는 토크를 검출하는 토크 검출기 및 토크 검출기의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 회전축체에 가해지는 토크를 검출하는 방식의 하나로서, 회전축체의 둘레면에 금속 변형 게이지를 부착하여, 토크에 의해 회전축체의 둘레면에 발생하는 전단 응력의 크기를, 금속 변형 게이지에 있어서의 저항값 변화에 의해 검출하는 방식이 있다. 이 방식에서는, 4개 이상의 금속 변형 게이지를 회전축체의 축 방향에 대해 45도 방향으로 부착하여 브리지 회로를 구성하고 있다.

[0003] 그러나, 금속 변형 게이지에서는, 게이지율이 작기 때문에, 미소한 변형을 고정밀도로 검출하는 것은 곤란하다.

[0004] 한편, 토크의 검출 감도를 높이는 방법으로서, 회전축체의 강성을 낮춰, 변형량을 증대시키는 방식이 고려된다. 특허문헌 1에서는, 회전축체에 여러 가지 가공을 실시하여 빔(beam)부를 형성함으로써, 감도의 향상을 실현하고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0005] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 특허 공개 제2016-109568호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 그러나, 회전축체의 강성을 낮추는 방식에서는, 응력 증대에 의한 히스테리시스의 문제(감도와 히스테리시스의 트레이드오프의 문제)가 발생하여, 정밀도의 향상은 기대할 수 없다.

[0007] 또한, 종래 방식에서는, 금속 변형 게이지를 적어도 4개 이상 배치할 필요가 있다. 따라서, 각 금속 변형 게이지의 상대 위치 및 각도를 엄밀하게 맞출 필요가 있어, 곤란하다고 하는 과제가 있다.

[0008] 여기서, 산업용 로봇에서는, 그 동작을 제어하기 위해서 토크의 검출이 불가결하다. 그 때문에, 종래부터, 토크 검출기가 산업용 로봇에 부착되어, 로봇 아암의 각 관절의 토크를 검출하고 있다.

[0009] 한편, 최근에는, 산업용 로봇에 대해, 사람과 격차 없이 공존하기 때문에, 사람 또는 물건 등의 물체에 접촉했을 때에, 순식간에 접촉을 감지하여 동작이 멈추는 것과 같은 안전성이 요구되고 있다. 그러나, 산업용 로봇은, 자신의 무게 및 유지하는 물체의 무게를 갖고, 또한 동작 스피드를 고려한 견고한 케이스이기 때문에, 종래의 금속 변형 게이지에서는 고정밀도로 토크를 검출하는 것은 어렵다.

[0010] 본 발명은 상기와 같은 과제를 해결하기 위해서 이루어진 것으로, 토크의 검출 정밀도가 향상되는 토크 검출기를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 본 발명에 따른 토크 검출기는, 외력에 따라 변형이 발생하는 기관층과, 기관층에 형성된 저항 게이지와, 기관층의 일면에 형성되고, 상기 기관층의 저항 게이지가 형성된 개소를 박육부(薄肉部)로 되게 하는 홈부와, 기관층의 일면에 접합된 절연층을 구비한 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

[0012] 본 발명에 의하면, 상기한 바와 같이 구성했기 때문에, 토크의 검출 정밀도가 향상된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0013] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 실시형태 1에 따른 토크 검출기의 구성예를 도시한 도면이며, 도 1a는 상면도이고, 도 1b는 측면도이며, 도 1c는 A-A'선 단면도이다.  
 도 2a는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 저항 게이지의 배치예를 도시한 상면도이고, 도 2b는 도 2a에 도시된 저항 게이지에 의해 구성되는 풀 브리지 회로의 구성예를 도시한 도면이다.  
 도 3은 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 변형 센서의 제조 방법의 일례를 도시한 플로우차트이다.  
 도 4a, 도 4b는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 변형 센서가 회전축체에 부착된 상태를 도시한 도면이며, 도 4a는 상면도이고, 도 4b는 측면도이다.  
 도 5a, 도 5b는 토크 검출기의 기본 동작 원리를 설명하는 도면이며, 도 5a는 회전축체에 가해진 토크를 도시한 측면도이고, 도 5b는 도 5a에 도시된 토크에 의해 변형 센서에 발생한 응력 분포의 일례를 도시한 도면이다.  
 도 6a 내지 도 6c는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 저항 게이지의 다른 배치예를 도시한 상면도이다.  
 도 7a는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 저항 게이지의 다른 배치예를 도시한 상면도이고, 도 7b, 도 7c는 도 7a에 도시된 저항 게이지를 갖는 변형 센서가 회전축체에 부착된 상태를 도시한 상면도 및 측면도이다.  
 도 8a는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 저항 게이지의 다른 배치예를 도시한 상면도이고, 도 8b는 도 8a에 도시된 저항 게이지에 의해 구성되는 하프 브리지 회로의 구성예를 도시한 도면이다.  
 도 9a 내지 도 9c는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 실리콘층의 다른 구성예를 도시한 이면도이다.  
 도 10은 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 실리콘층의 다른 구성예를 도시한 이면도이다.  
 도 11a 내지 도 11c는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 변형 센서의 사이즈의 일례를 도시한 상면도이고, 도 11d는 변형 센서의 사이즈에 의한 감도의 차이를 도시한 도면이다.  
 도 12는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 절연층의 두께 및 접합층의 두께에 의한 감도의 차이를 도시한 도면이다.  
 도 13a, 도 13b는 본 발명의 실시형태 1에 있어서의 실리콘층의 상면도 및 측단면도를 도시한 도면이고, 도 13c는 박육부의 사이즈 및 두께에 의한 감도의 차이를 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0014] 이하, 본 발명의 실시형태에 대해 도면을 참조하면서 상세히 설명한다.
- [0015] 실시형태 1.
- [0016] 도 1은 본 발명의 실시형태 1에 따른 토크 검출기의 구성예를 도시한 도면이다.
- [0017] 토크 검출기는, 회전축체(5)(도 4 참조)에 가해지는 토크를 검출한다. 회전축체(5)는, 축 방향에 있어서의 일단에 모터 등의 구동계(6)가 접속되고, 타단에 로봇 핸드 등의 부하계가 접속된다. 토크 검출기는, 도 1에 도시된 바와 같이, 변형 센서(1)를 구비하고 있다.
- [0018] 변형 센서(1)는, 회전축체(5)에 부착되고, 외부로부터의 전단 응력(인장 응력 및 압축 응력)에 따른 전압을 출력하는 반도체 변형 게이지이다. 변형 센서(1)는, MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)에 의해 실현된다. 변형 센서(1)는, 도 1, 2에 도시된 바와 같이, 실리콘층(기판층)(11) 및 절연층(12)을 갖는다.
- [0019] 실리콘층(11)은, 외력에 따라 변형이 발생하는 단결정 실리콘이며, 복수의 저항 게이지(확산 저항)(13)를 포함하는 휘트스톤 브리지 회로를 갖는 센서층이다. 실리콘층(11)에는, 이면(일면)의 중앙에, 홈부(111)가 형성되어 있다. 홈부(111)에 의해, 실리콘층(11)에는 박육부(112)가 구성된다. 저항 게이지(13)는, 이 박육부(112)에 형성된다.
- [0020] 한편, 박육부(112)의 두께는, 실리콘층(11)의 강성 등에 따라 적절히 설계된다. 예컨대, 실리콘층(11)의 강성이 낮은 경우에는 박육부(112)는 두껍게 되고, 실리콘층(11)의 강성이 높은 경우에는 박육부(112)는 얇게 된다.
- [0021] 또한, 단결정 실리콘은, 결정 이방성을 갖고, p형 실리콘(100)면에 있어서, <110> 방향일 때에 피에조 저항 계수가 가장 커진다. 그 때문에, 저항 게이지(13)는, 예컨대 표면의 결정 방위가 (100)인 실리콘층(11)의 <110> 방향에 형성된다.

- [0022] 도 2에서는, 폴 브리지 회로(휘트스톤 브리지 회로)를 구성하는 4개의 저항 게이지[13(R1~R4)]가, 실리콘층(11)의 변 방향에 대해 비스듬한 방향(45도 방향)으로 형성되어, 변형 센서(1)가 2방향의 전단 응력을 검지하는 경우를 도시하고 있다. 한편 여기서는, 상기 비스듬한 방향의 구체예로서 45도 방향으로 한 경우를 나타내었으나, 상기 비스듬한 방향은 45도 방향으로 한정되지 않고, 변형 센서(1)의 특성상, 어느 정도의 어긋남(예컨대, 44도 방향 또는 46도 방향 등)은 허용된다.
- [0023] 절연층(12)은, 상면이 실리콘층(11)의 이면에 접합되고, 이면이 회전축체(5)에 접합되는 대좌(臺座)이다. 이 절연층(12)으로서는, 예컨대 유리 또는 사파이어 등을 이용할 수 있다.
- [0024] 다음으로, 변형 센서(1)의 제조 방법의 일례에 대해, 도 3을 참조하면서 설명한다.
- [0025] 변형 센서(1)의 제조 방법에서는, 도 3에 도시된 바와 같이, 먼저 실리콘층(11)에, 이온 주입에 의해 복수의 저항 게이지(13)를 형성한다(단계 ST1). 그리고, 복수의 저항 게이지(13)에 의해 휘트스톤 브리지 회로를 형성한다.
- [0026] 계속해서, 실리콘층(11)의 이면에, 에칭에 의해 홈부(111)를 형성한다(단계 ST2). 이에 의해, 실리콘층(11)의 저항 게이지(13)가 형성된 개소를 박육부(112)로 하게 한다.
- [0027] 계속해서, 실리콘층(11)의 이면과 절연층(12)의 상면을, 예컨대 양극 접합에 의해 접합한다(단계 ST3).
- [0028] 또한 상기한 바와 같이 하여 제조된 변형 센서(1)를 회전축체(5)에 부착하는 경우에는, 절연층(12)의 이면과 회전축체(5)를, 예컨대 땀납 접합에 의해 접합한다. 이때, 절연층(12)의 이면 및 회전축체(5)의 접합 부위를 메탈라이즈한 후에, 땀납 접합을 행한다. 도 4는 변형 센서(1)가 회전축체(5)에 부착된 상태를 도시하고 있다. 한편 도 4a에서는, 저항 게이지(13)의 배치 개소도 도시하고 있다.
- [0029] 도 4a에 도시된 바와 같이, 변형 센서(1)는, 저항 게이지(13)가 회전축체(5)의 축 방향에 대해 비스듬한 방향(45도 방향)을 향하도록 배치된다. 즉, 저항 게이지(13)는, 회전축체(5)에 토크가 가해졌을 때에 발생하는 전단 응력의 발생 방향을 향하도록 배치된다. 한편 여기서는, 상기 비스듬한 방향의 구체예로서 45도 방향으로 한 경우를 나타내었으나, 상기 비스듬한 방향은 45도 방향으로 한정되지 않고, 변형 센서(1)의 특성상, 어느 정도의 어긋남(예컨대, 44도 방향 또는 46도 방향 등)은 허용된다.
- [0030] 다음으로, 토크 검출기의 기본 동작 원리에 대해, 도 5를 참조하면서 설명한다. 도 5a에서는, 변형 센서(1)가 부착된 회전축체(5)의 일단에 구동계(6)가 접속되고, 이 구동계(6)에 의해 회전축체(5)에 토크가 가해진 상태를 도시하고 있다. 또한 도 5에서는, 직사각형 형상의 변형 센서(1)를 이용한 경우를 도시하고 있다.
- [0031] 도 5a에 도시된 바와 같이, 회전축체(5)에 토크가 가해짐으로써, 회전축체(5)에 부착된 변형 센서(1)가 변형되어, 변형 센서(1)의 표면에 도 5b에 도시된 바와 같은 전단 응력이 발생한다. 도 5에서는, 색이 짙은 점일수록 인장 응력이 강한 상태이고, 색이 옅은 점일수록 압축 응력이 강한 상태인 것을 나타내고 있다. 그리고, 회전축체(5)의 축 방향에 대해 비스듬한 방향(45도 방향)을 향한 저항 게이지(13)는, 이 전단 응력에 따라 저항값이 변화하고, 변형 센서(1)는, 저항값의 변화에 따른 전압을 출력한다. 그리고, 토크 검출기는, 이 변형 센서(1)에 의해 출력된 전압으로부터 회전축체(5)에 가해진 토크를 검출한다.
- [0032] 실시형태 1에 따른 토크 검출기에서는, 실리콘층(11)의 이면 중앙에 홈부(111)가 형성됨으로써 박육부(112)가 구성되고, 저항 게이지(13)가 이 박육부(112)에 형성되어 있다. 이에 의해, 저항 게이지(13)가 형성된 박육부(112)에 응력을 집중시킬 수 있고, 회전축체(5)에 가해지는 토크에 대한 검출 감도가 향상된다.
- [0033] 또한, 저항 게이지(13)가 실리콘층(11)의 변 방향에 대해 비스듬한 방향(45도 방향)으로 형성되어 있다. 이에 의해, 실리콘층(11)의 팽창 및 수축에 의한 저항값 변화는 거의 발생하지 않는다. 또한, 4개의 저항 게이지(13)가 받는 영향은 동일하기 때문에, 출력 변동은 이론적으로는 제로이다.
- [0034] 한편, 4개의 저항 게이지(13)의 배치는 도 2에 도시된 배치에 한하지 않고, 예컨대 도 6에 도시된 바와 같은 배치로 해도 좋다.
- [0035] 또한 상기에서는, 저항 게이지(13)가 실리콘층(11)의 변 방향에 대해 비스듬한 방향(45도 방향)으로 형성된 경우를 나타내었다. 그러나, 이것에 한하지 않고, 저항 게이지(13)는 실리콘층(11)의 <110> 방향에 형성되어 있으면 되고, 예컨대 도 7a에 도시된 바와 같이, 저항 게이지(13)가 실리콘층(11)의 변 방향을 따라 (0도 방향 및 90도 방향으로) 형성되어도 좋다. 이 경우에도, 도 7b, 도 7c에 도시된 바와 같이, 변형 센서(1)는, 저항 게이지(13)가 회전축체(5)의 축 방향에 대해 비스듬한 방향(45도 방향)을 향하도록 배치된다. 한편 여기서는, 상기

비스듬한 방향의 구체예로서 45도 방향으로 한 경우를 나타내었으나, 상기 비스듬한 방향은 45도 방향으로 한정되지 않고, 변형 센서(1)의 특성상, 어느 정도의 어긋남(예컨대, 44도 방향 또는 46도 방향 등)은 허용된다.

- [0036] 또한 상기에서는, 휘트스톤 브리지 회로로서, 4개의 저항 게이지[13(R1~R4)]를 포함하는 풀 브리지 회로를 이용한 경우를 나타내었다. 그러나, 이것에 한하지 않고, 도 8에 도시된 바와 같이, 휘트스톤 브리지 회로로서, 2개의 저항 게이지[13(R1, R2)]를 포함하는 하프 브리지 회로를 이용해도 좋다. 한편, 도 8b에 있어서의 부호 R은, 고정 저항이다.
- [0037] 또한 도 9에 도시된 바와 같이, 실리콘층(11)의 이면에, 홈부(111)를 실리콘층(11)의 측면과 연통(連通)시키는 연통홈부(113)가 형성되어도 좋다. 여기서, 실리콘층(11)과 절연층(12)의 접합에서는, 양극 접합에 의해 400도 정도의 온도가 가해진다. 그 때문에, 연통홈부(113)가 없는 경우에는, 양극 접합 시에, 실리콘층(11)과 절연층(12) 사이의 홈부(111)에 존재하는 공기가 고온 상태로 밀봉되어 버리고, 상온으로 내려가면 그 공기가 수축하기 때문에, 박육부(112)가 변형하여, 변형 센서(1)의 제로점이 어긋나 버릴 우려가 있다. 한편, 연통홈부(113)가 형성됨으로써, 양극 접합 시에, 홈부(111)에 존재하는 공기를 외부로 도피시킬 수 있고, 박육부(112)의 변형을 회피할 수 있다.
- [0038] 한편, 실리콘층(11)은, 홈부(111) 및 연통홈부(113)에 의해, 전체가 얇아지지 않도록, 일부만이 얇아지도록 구성될 필요가 있다.
- [0039] 또한 상기에서는, 실리콘층(11)에 하나의 홈부(111)가 형성됨으로써 하나의 박육부(112)가 구성된 경우를 나타내었다. 그러나, 이것에 한하지 않고, 박육부(112)에 저항 게이지(13)가 배치되어 있으면 되고, 도 10에 도시된 바와 같이, 실리콘층(11)에 복수의 홈부(111)가 형성됨으로써 복수의 박육부(112)가 구성되어도 좋다. 도 10에 도시된 예에서는, 실리콘층(11)에 4개의 홈부(111)가 형성되어 있다.
- [0040] 마지막으로, 변형 센서(1)(MEMS칩)의 감도에 영향을 주는 파라미터에 대해 실험 데이터와 함께 설명한다.
- [0041] 본 발명의 실시형태 1에 따른 변형 센서(1)의 감도에 영향을 주는 파라미터로서는, 변형 센서(1)의 사이즈(칩 사이즈), 절연층(12)의 두께, 실리콘층(11)과 절연층(12) 사이의 접합층의 두께 및 경도, 박육부(112)의 사이즈 및 두께를 들 수 있다.
- [0042] 먼저, 변형 센서(1)의 사이즈에 의한 감도의 차이에 대해, 도 11을 참조하면서 설명한다. 도 11a에서는 변형 센서(1)의 사이즈가  $(a \times 3a)$ 인 경우를 도시하고, 도 11b에서는 변형 센서(1)의 사이즈가  $(1.5a \times 1.5a)$ 인 경우를 도시하며, 도 11c에서는 변형 센서(1)의 사이즈가  $(3a \times 3a)$ 인 경우를 도시하고 있다.  $a$ 는 상수이다. 그리고, 도 11d에서는, 변형 센서(1)의 사이즈에 의한 감도의 차이를 도시하고 있다. 한편 도 11d에서는, 일반적인 금속 변형 게이지의 감도를 1로 한 경우의 감도비를 도시하고 있다.
- [0043] 이 도 11에 도시된 바와 같이, 변형 센서(1)는, 사이즈가 클수록, 감도가 높아진다. 또한, 변형 센서(1)는, 동일한 면적인 경우에는, 직사각형보다 정사각형 쪽이 감도가 높아진다. 즉, 도 11b에 도시된 변형 센서(1)는, 도 11a에 도시된 변형 센서(1)에 대해, 면적은 작으나, 도 11d에 도시된 바와 같이 감도는 높아지고 있다.
- [0044] 또한, 일반적인 금속 변형 게이지에서는, 게이지율이 2~3 정도인 데 대해, 변형 센서(1)에서는, 게이지율이 수 10~100 정도이다. 따라서, 이 변형 센서(1)는, 금속 변형 게이지에 대해, 100배 이상의 감도를 달성할 수 있다. 또한, 변형 센서(1)는, 감도가 높기 때문에, 금속 변형 게이지에 대해 대폭으로 소형화가 가능하고, 고정층[회전축체(5)측]의 자유도가 커진다.
- [0045] 이와 같이, 변형 센서(1)의 사이즈와 감도는 트레이드오프의 관계에 있으나, 소형화한 분, 박육부(112)를 형성하는 것이나 그 외 두께를 제어함으로써 변형 센서(1)를 고감도로 할 수 있다.
- [0046] 다음으로, 절연층(12)의 두께 및 접합층의 두께와 경도에 의한 감도의 차이에 대해, 도 12를 참조하면서 설명한다. 도 12에서는, 절연층(12)으로서 파이렉스 유리를 이용하여, 접합층의 두께가 T이고 또한 절연층(12)의 두께비(기준 두께에 대한 비율)가 2일 때의 감도를 1로 한 경우의 감도비를 도시하고 있다. 또한 도 12에서는, 접합층의 두께를 T로 한 경우, 절연층(12)의 두께비를 1로 하고 또한 땀납 접합을 행한 경우, 절연층(12)의 두께비를 1로 하고 또한 접합층의 두께를 4T로 한 경우를 도시하고 있다.
- [0047] 절연층(12)이 두꺼우면 변형을 흡수해 버려, 변형의 전달 효율이 떨어진다. 그 때문에, 도 12에 도시된 바와 같이, 변형 센서(1)는, 절연층(12)의 두께가 얇을수록, 감도가 높아진다. 한편, 절연층(12)으로서 필요한 내전압을 고려한 최저한의 두께는 필요해진다. 또한, 접합층으로서 접착제를 이용한 경우, 두께와 경도에 따라 감도가 변화한다. 즉, 변형 센서(1)는, 접착제로서 에폭시계 등의 영률이 높은 것을 이용한 경우나 접합층이 얇을수록,

감도가 높아진다. 또한, 변형 센서(1)는, 접촉제를 이용한 경우보다 땀납 접합을 이용한 경우 쪽이, 감도가 높아진다.

[0048] 다음으로, 박육부(112)의 사이즈 및 두께에 의한 감도의 차이에 대해, 도 13을 참조하면서 설명한다. 도 13a, 도 13b에서는, 일례로서, 변형 센서(1)의 사이즈가 (3a×3a)이고, 또한, 박육부(112)의 사이즈가 (0.5a×0.5a)인 경우를 도시하고 있다. 또한, 도 13b에 도시된 바와 같이, 실리콘층(11)의 전체 두께를 t1로 하고, 박육부(112)의 두께를 t2로 하고 있다. 또한 도 13c에서는, 도 11d와 마찬가지로, 일반적인 금속 변형 게이지의 감도를 1로 한 경우의 감도비를 도시하고 있다.

[0049] 이 도 13에 도시된 바와 같이, 변형 센서(1)에 박육부(112)를 구성함으로써, 박육부(112)를 형성하지 않는 경우에 대해, 약 1.4배의 고감도화가 가능해진다. 또한, 가장 고감도가 되는 박육부(112)의 사이즈는, 변형 센서(1)의 사이즈를 변경해도 거의 동일하다[도 13의 예에서는, 변형 센서(1)의 사이즈에 상관없이, 박육부(112)의 사이즈가 (0.5a×0.5a)인 경우가 가장 고감도로 되어 있다]. 또한, 박육부(112)의 두께(t2)는, 실리콘층(11)의 두께(t1)에 대해 절반 이하로 함으로써 보다 효과가 있다.

[0050] 이상과 같이, 이 실시형태 1에 의하면, 실리콘층(11)과, 실리콘층(11)에 형성된 저항 게이지(13)와, 실리콘층(11)의 일면에 형성되고, 상기 실리콘층(11)의 저항 게이지(13)가 형성된 개소를 박육부(112)로 되게 하는 홈부(111)와, 실리콘층(11)의 일면에 접합된 절연층(12)을 구비했기 때문에, 토크의 검출 정밀도가 향상된다.

[0051] 한편 상기에서는, 기관층으로서, 실리콘층(11)을 이용한 경우를 나타내었으나, 이것에 한하지 않고, 외력에 따라 변형이 발생하는 부재이면 된다. 예컨대, 기관층으로서, 절연체(유리 등) 또는 금속을 이용할 수 있다. 여기서, 기관층이 절연체인 경우에는, 저항 게이지(13)는, 상기 절연체에 스퍼터링 등에 의해 성막(成膜)됨으로써 형성된다. 또한, 기관층이 금속인 경우에는, 저항 게이지(13)는, 상기 금속에 절연막을 통해 스퍼터링 등에 의해 성막됨으로써 형성된다. 또한, 기관층으로서 실리콘층(11)을 이용하고, 저항 게이지(13)가, 상기 실리콘층(11)에 스퍼터링 등에 의해 성막됨으로써 형성되어도 좋다.

[0052] 기관층으로서 상기 절연체 또는 금속을 이용한 경우에도, 일반적인 금속 변형 게이지보다 게이지율은 높아진다. 또한, 성막에 의해 저항 게이지(13)를 형성한 경우에는, 실리콘층(11)에 이온 주입에 의해 저항 게이지(13)를 형성한 경우에 대해, 결정 방위에 따라 게이지율이 변화하는 일은 없고, 즉, 방향을 한정할 필요가 없어진다.

[0053] 한편, 게이지율은, 성막에 의해 저항 게이지(13)를 형성한 경우에 대해, 실리콘층(11)에 이온 주입에 의해 저항 게이지(13)를 형성한 경우 쪽이, 4배~10배 이상 높아진다.

[0054] 한편, 본원발명은 그 발명의 범위 내에 있어서, 실시형태의 임의의 구성 요소의 변형 혹은 실시형태의 임의의 구성 요소의 생략이 가능하다.

**산업상 이용가능성**

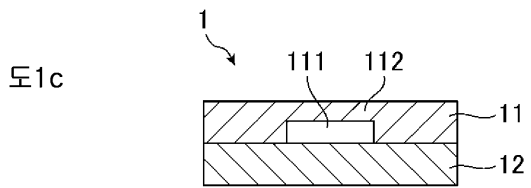
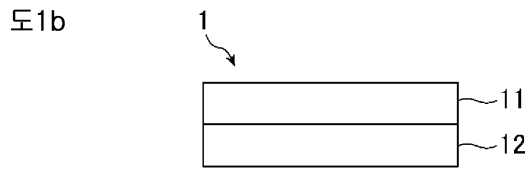
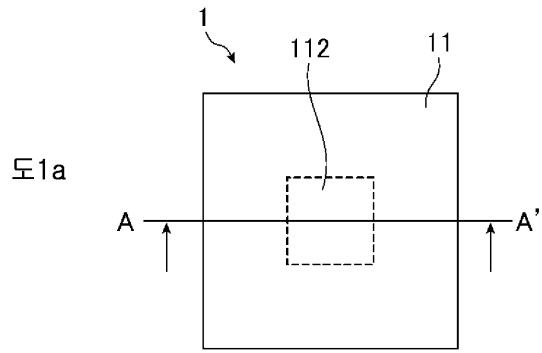
[0055] 본 발명에 따른 토크 검출기 및 토크 검출기의 제조 방법은, 회전축체에 가해지는 토크를 검출하는 토크 검출기 및 토크 검출기의 제조 방법으로 이용하기에 적합하다.

**부호의 설명**

- [0056] 1: 변형 센서      5: 회전축체
- 6: 구동계      11: 실리콘층(기관층)
- 12: 절연층      13: 저항 게이지(확산 저항)
- 111: 홈부      112: 박육부
- 113: 연통홈부

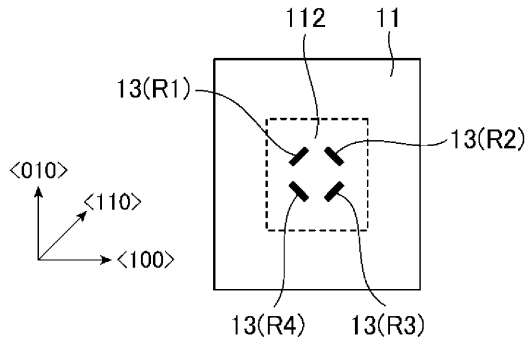
도면

도면1

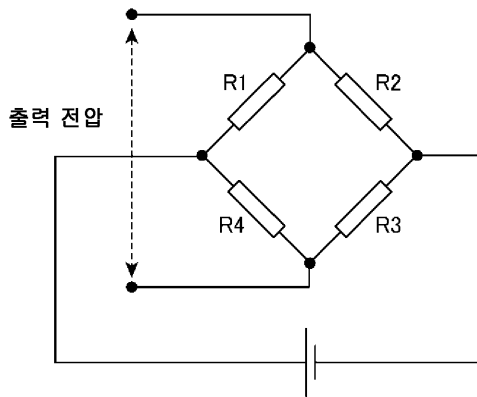


도면2

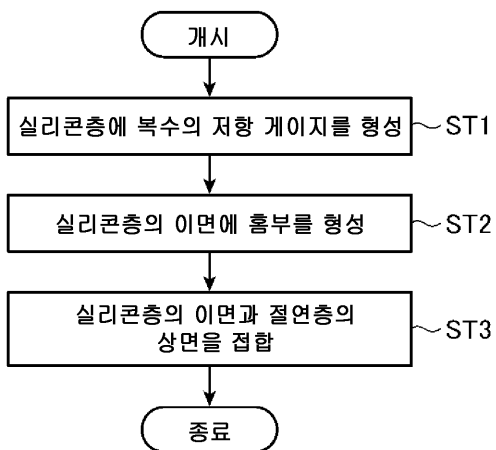
도2a



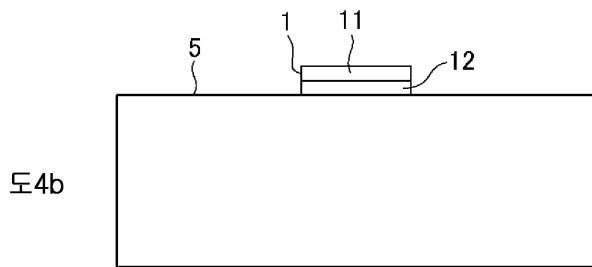
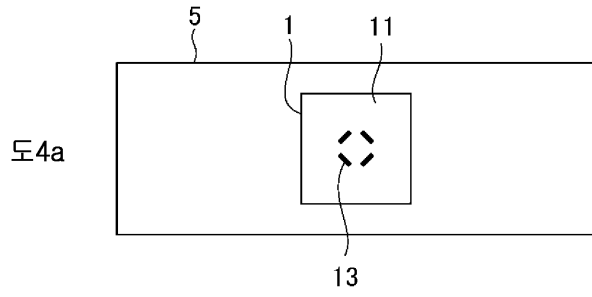
도2b



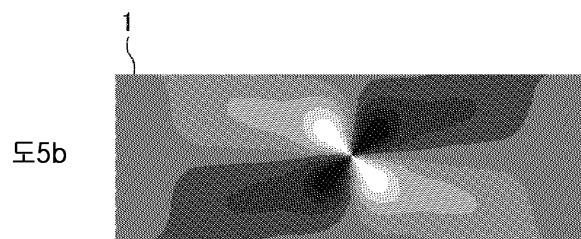
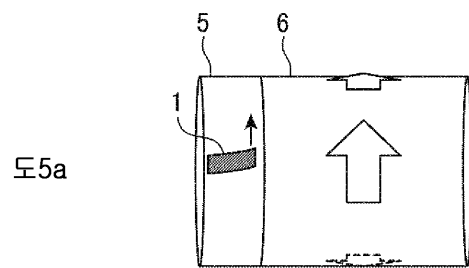
도면3



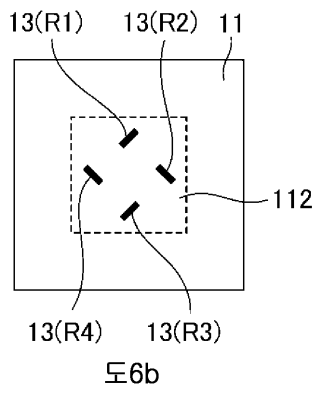
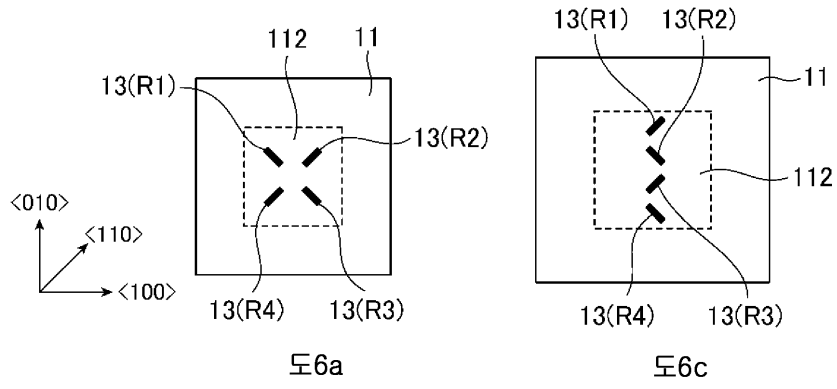
도면4



도면5

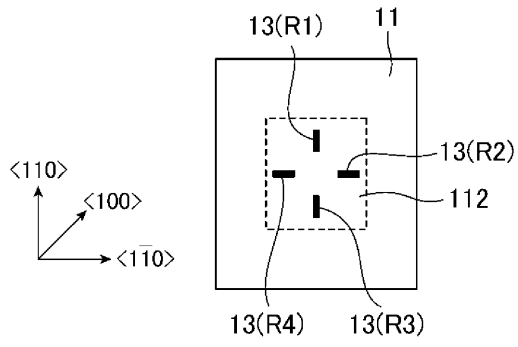


도면6

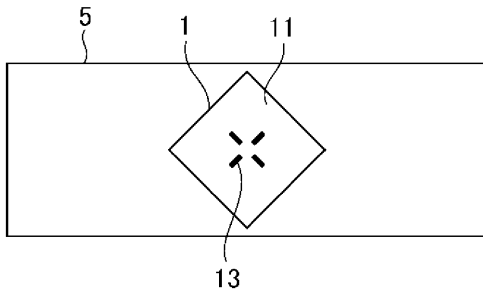


도면7

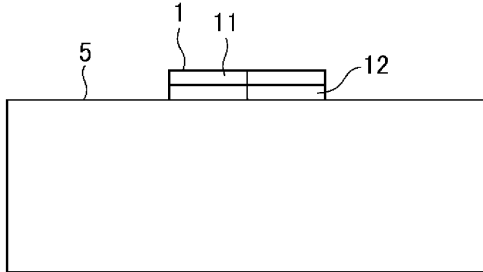
도7a



도7b

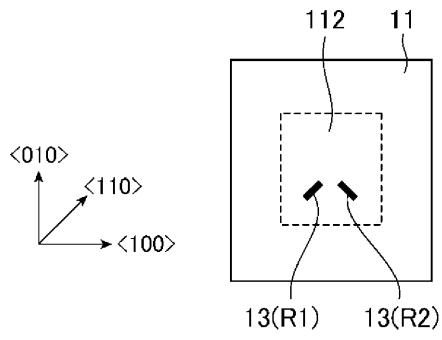


도7c

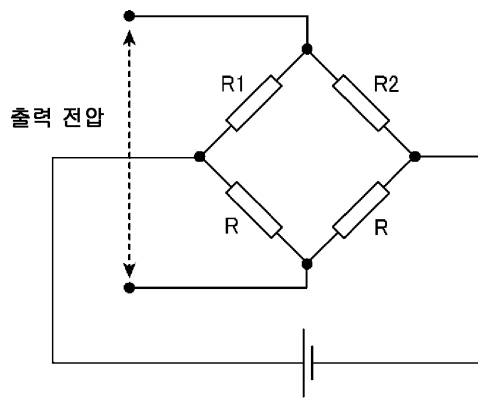


도면8

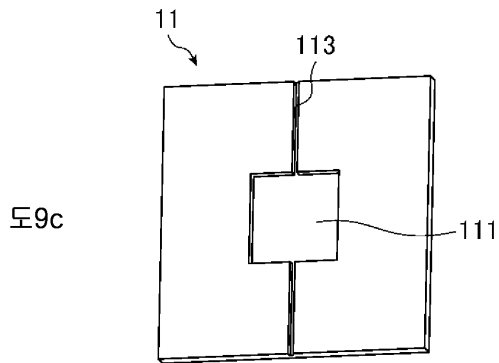
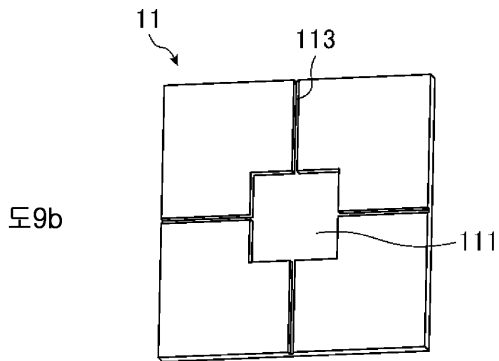
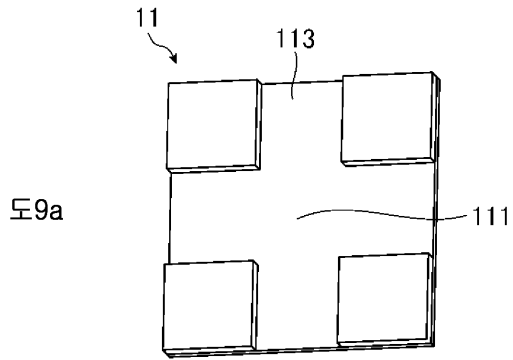
도8a



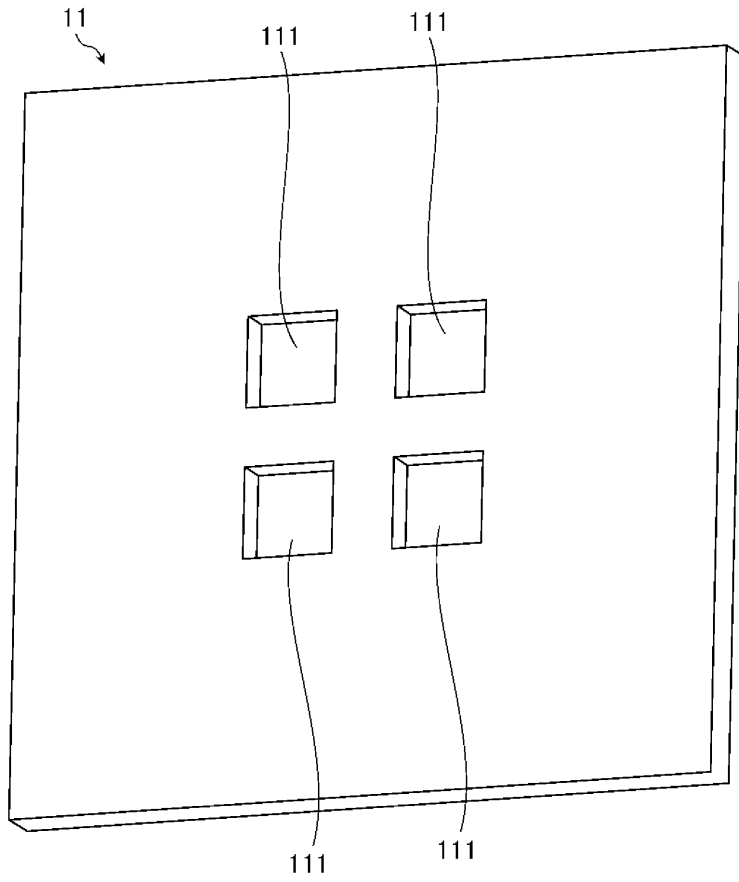
도8b



도면9

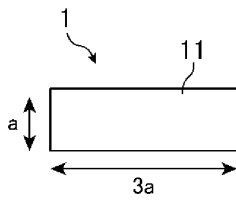


도면10

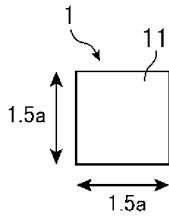


도면11

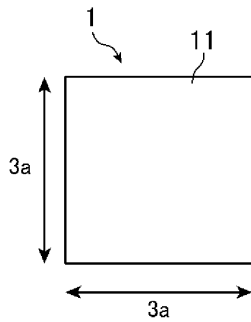
도11a



도11b



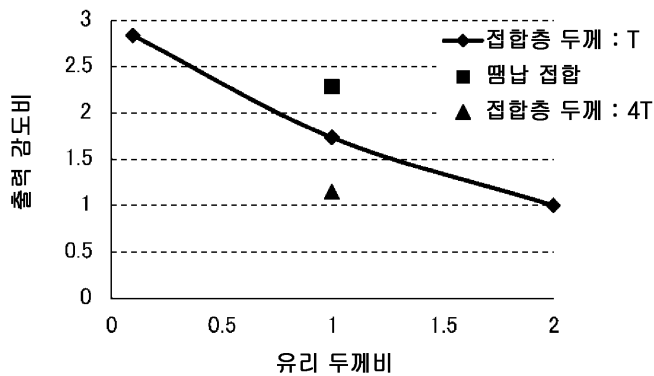
도11c



도11d

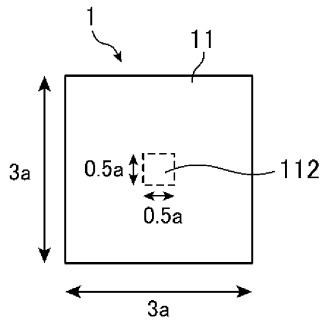
센서 구조	칩 사이즈	감도비	
		흠 없음	흠 있음
금속 변형 게이지	—	1	
MEMS 칩	$3a \times 3a$	98.9	139.4
	$1.5a \times 1.5a$	48.3	65.5
	$a \times 3a$	41.8	58.1

도면12

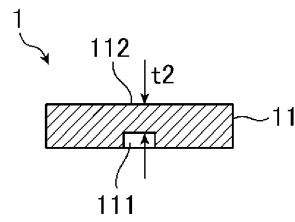


도면13

도13a



도13b



도13c

칩 사이즈	박육부 사이즈	실리콘 두께에 대한 박육부 두께		
		1	0.6	0.4
3a × 3a	없음	98.9		
	0.25a × 0.25a		—	88.2
	0.5a × 0.5a		—	139.4
	a × a		—	125.1
	1.5a × 1.5a		—	114.9
1.5a × 1.5a	없음	48.3		
	0.4a × 0.4a		—	53.0
	0.5a × 0.5a		52.4	65.5
	0.7a × 0.7a		—	59.7
	a × a		42.9	49.3
a × 3a	0.5a × a		—	61.1
	없음	41.8		
	0.5a × 0.5a		50.3	58.1