

(72) 발명자

니시다 히데유키

일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메
30-2 캐논 가부시끼가이샤 내

요코마즈 다카오

일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메
30-2 캐논 가부시끼가이샤 내

나카무라 겐파로

일본 1528500 도쿄도 메구로꾸 오오까야마 2-12-1
고꾸리쯔다이가꾸호진 도쿄교교 다이가꾸 내

특허청구의 범위

청구항 1

힘 감지 방법이며,

특정한 방향으로 압전체를 진동시키기 위해, 일시적으로 변화하는 전압을 상기 압전체에 인가하는 단계;

외력을 받는 경우 상기 압전체에 힘을 전달하기 위해 탄성 변형되는 제한 부재를 진동될 압전체에 슬라이드식으로 접촉시키는 단계; 및

상기 제한 부재에 작용하는 힘에 의해 상기 압전체와 상기 제한 부재 사이에 생성된 마찰력에 따라 변화하는 상기 압전체의 임피던스를 이용하여, 상기 제한 부재가 외부로부터 받는 힘을 감지하는 단계를 포함하는, 힘 감지 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제한 부재는 상기 압전체의 진동 방향을 따르는 방향으로 배치되어 있는, 힘 감지 방법.

청구항 3

일시적으로 변화하는 전압이 인가되는 경우 특정한 방향으로 진동하는 압전체;

상기 압전체의 표면에 배치된 한 쌍의 구동 전극들; 및

외력을 받는 경우 상기 압전체에 힘을 전달하기 위해 탄성 변형되는 제한 부재를 포함하고,

상기 제한 부재는, 상기 한 쌍의 구동 전극들이 배치된 상기 압전체에 대하여 슬라이드식으로 유지되고, 상기 압전체를 진동시키기 위해 전압이 인가된 상태에서, 상기 제한 부재를 통해 상기 압전체에 작용하는 힘에 의해 생성된 마찰력에 따라 변화하는 상기 압전체의 임피던스를 이용하여, 상기 제한 부재가 외부로부터 받는 힘을 감지하는, 압전 진동형 힘 센서.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제한 부재는 상기 한 쌍의 구동 전극들이 배치된 상기 압전체의 진동 방향을 따르는 방향으로 배치되어 있는, 압전 진동형 힘 센서.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 제한 부재는 상기 한 쌍의 구동 전극들 각각과 접촉하는 표면에 배치된 리드 전극을 갖는, 압전 진동형 힘 센서.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 힘을 감지하기 위해 압전체(piezoelectric body)를 사용하는 힘 센서에 관한 것으로, 특히, 정적인 힘(static force)을 감지하기 위해 압전체의 공진 현상을 이용하는 압전 진동형 힘 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래의 힘 센서들로서, 스트레인 게이지(strain gauge), 정전용량형 힘 센서들(capacitive force sensors), 도전성 고무 등이 개발되어 있다. 이것들을 사용하는 힘 센서들 각각은 부재(member)의 변형을 이용하므로, 측정

의 높은 감도와 넓은 다이내믹 레인지(dynamic range)를 구현하기 위해 충분한 양의 변형을 확보하는 것이 필요하다. 따라서, 센서가 소형화되면 충분한 변형량을 취득할 수 없다. 그 결과, 출력 신호가 노이즈에 묻혀 정밀도가 악화되는 문제가 발생한다.

- [0003] 이 문제점에 대한 대책으로서, 일본 공개특허공보 S52-078483호에 설명된 압전체의 공진 현상을 이용하는 센서가 제공된다. 일시적으로 변화하는 전압(예를 들어, 교류 전압)이 인가되는 경우, 전압의 진폭의 경시 변화(time variation)에 따라 압전체는 특정한 방향으로 진동하는 특성을 갖는다.
- [0004] 일본 특허공개공보 S52-078483호에 설명된 기술에 따르면, 먼저 압전체에 직렬로 임피던스(6)가 접속되고, 압전체(1)의 공진 주파수보다 높지 않은 고정 주파수를 갖는 전압이 전원(7)으로부터 인가되어, 압전체가 진동한다. 이 상태에서 압전체에 힘이 가해지면, 압전체의 임피던스가 증가하여 압전체의 공진 주파수가 고주파수측으로 이동된다. 이동된 상태에서, 압전체(1)에 인가된 전압의 값은 힘이 가해지기 전의 값으로부터 변화한다. 전압 값의 이러한 변화에 따라, 압전체에 작용한 힘의 크기가 양적으로 산출될 수 있다(도 8을 참조).
- [0005] 일본 특허공개공보 S52-078483호에 설명된 압전 진동형 힘 센서는, 전압 진폭의 변화가 크기 때문에 낮은 부하를 가지며 그 감도가 높다는 장점을 갖는다. 그러나, 센서에 작용하는 외력이 증가함에 따라, 전압 진폭의 변화가 감소한다. 따라서, 그 감지 범위가 좁다.
- [0006] 이 문제점에 대한 대책으로서, 일본 공개특허공보 S60-187834호 및 일본 공개특허공보 S60-222734호에서는 감지 범위를 확장하기 위한 방법들이 제안된다.
- [0007] 먼저, 일본 특허공개공보 S60-187834호는 2개의 압전체들이 서로 묶여있는 구조, 즉, 소위 바이모프(bimorph)형 압전체가 사용된다는 점을 특징으로 한다. 이 바이모프 압전체의 한 단부는 고정되어 있는 반면, 다른 단부는 자유 단부로 되어 있어, 힘이 압전체에 가해진다. 또한, 압전체의 공진점보다 높은 주파수 신호가 동일하게 가해진다. 이 센서는 두개의 압전체들이 서로 묶여있는 구조를 가지므로, 그 진폭이 커질 수 있어 힘을 감지하는 범위가 넓어질 수 있다.
- [0008] 다음으로, 일본 특허공개공보 S60-222734호에서는, 외력에 의해 야기되는, 압전체의 단자 전압과 압전체에 인가된 전압 사이의 위상 각도 차가 감지되어, 위상 각도 차가 설정된 값이 되도록 주파수를 제어한다. 이 주파수 변화는 힘을 감지하기 위해 이용된다. 따라서, 감도가 균일할 수 있고 감지 범위가 넓어질 수 있다.
- [0009] 그러나, 일본 특허공개공보 S60-187834호의 발명은 바이모프 압전체를 사용한다. 바이모프 압전체는 2개의 압전 소자들이 서로 묶여있는 구조를 가지므로, 비용 절감 및 소형화에 있어 불리하다.
- [0010] 또한, 일본 특허공개공보 S60-222734호의 발명은, 외력에 의해 야기되는, 압전체의 단자 전압과 압전체에 인가된 전압 사이의 위상 각도 차를 감지하여, 위상 각도 차가 설정된 값이 되도록 주파수를 제어한다. 그러나, 추가의 위상 각도 감지 회로 및 추가의 위상 각도 설정 회로가 필요하므로, 회로가 복잡해진다. 따라서, 비용 절감 및 소형화에 있어서도 불리하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 전술된 문제점들을 해결하기 위해 행해지며, 본 발명의 목적은 단순한 구조를 가지며 넓은 범위에서 정적인 힘을 감지할 수 있는 압전 진동형 힘 센서를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 전술된 목적을 달성하기 위해 힘 감지 방법이 제공되고, 이러한 방법은 특정한 방향으로 압전체를 진동시키기 위해, 일시적으로 변화하는 전압을 상기 압전체에 인가하는 단계; 외력을 받는 경우 상기 압전체에 힘을 전달하기 위해 탄성 변형되는 제한 부재를 진동될 압전체에 슬라이드식으로 접촉시키는 단계; 및 상기 제한 부재에 작용하는 힘에 의해 상기 압전체와 상기 제한 부재 사이에 생성된 마찰력에 따라 변화하는, 상기 압전체의 임피던스로부터 작용하는 힘을 감지하는 단계를 포함한다.
- [0013] 또한, 전술된 목적을 달성하기 위해 압전 진동형 힘 센서가 제공되며, 이것은 일시적으로 변화하는 전압이 인가되는 경우 특정한 방향으로 진동하는 압전체; 상기 압전체의 표면에 배치된 한 쌍의 구동 전극들; 및 외력을 받는 경우 상기 압전체에 힘을 전달하기 위해 탄성 변형되는 제한 부재를 포함하고, 상기 제한 부재는, 상기 한 쌍의 구동 전극들이 배치된 상기 압전체에 대하여 슬라이드식으로 유지되고, 상기 압전체를 진동시키기 위해 전

압이 인가된 상태에서, 상기 제한 부재를 통해 상기 압전체에 작용하는 힘에 의해 생성된 마찰력에 따라 변화하는 상기 압전체의 임피던스를 감지함으로써, 작용하는 힘을 감지한다.

발명의 효과

- [0014] 전술된 구조에 따르면, 압전체와 제한 부재 사이의 마찰에 의해 진동이 제한되기 때문에, 본 발명은, 진동 방향과 동일한 방향으로부터 진동이 직접적으로 제한되는 종래의 구조와 비교하여, 힘을 감지하는 범위를 확장시킬 수 있다.
- [0015] 또한, 센서를 박형화(thinning)하고 소형화하기 위해 서로 대향하는 한 쌍의 구동 전극들의 표면들 사이의 거리가 더 감소하도록 압전체의 두께가 감소하면, 진동의 주요한 모드는 측방향 효과가 된다. 따라서, 분극 방향 및 진동 방향은 서로 수직이 된다. 즉, 압전체의 진동 방향에 대하여 트위스트된 위치의 표면에 제한 부재가 설치되므로, 설치된 위치는 진동의 간섭에 저항성이 있다. 따라서, 이 구조는 종래의 센서와 비교하여 탑재 양상에서도 적절하다.
- [0016] 전술된 바와 같이, 본 발명에 따르면, 단순한 구조를 가지며 넓은 범위에서 정적인 힘을 감지할 수 있는 압전 진동형 힘 센서를 제공할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 추가의 특징들은 첨부 도면들을 참조하는 이하의 예시적인 실시예들의 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은, 본 발명에 따른 압전 진동형 힘 센서의 구조를 도시하는 도면이다.
- 도 2는, 본 발명의 측정 원리를 도시하는 도면이다.
- 도 3은, 본 발명에 따른 압전 진동형 힘 센서의 다른 구조를 도시하는 도면이다.
- 도 4는, 힘과 출력 전압 사이의 관계를 도시하는 그래프이다.
- 도 5는, 진동 방향과 평행한 방향 및 진동 방향에 수직인 방향의 힘들의 작용 결과를 도시하는 그래프이다.
- 도 6은, 압전체의 진동 방향과 힘이 작용하는 방향 사이의 관계를 도시하는 도면이다.
- 도 7은, 압전체의 진동 방향에 대하여 힘이 작용하는 방향의 영향을 도시하는 그래프이다.
- 도 8은, 종래의 압전 진동형 힘 센서를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 도 1은, 압전체(1), 힘을 받는 제한 부재(2), 구동 전극으로부터 신호를 추출하는 전극(3), 및 진동하는 압전체에 전압을 인가하는 구동 전극(4)을 포함하는 압전 진동형 힘 센서의 횡단면으로서 본 발명의 특징을 최선의 방법으로 도시하는 도면이다. 전술된 구조를 갖는 압전 진동형 힘 센서는 탑재면(mounting surface)(11)에 지지된다. 도 1은, 압전체(1), 제한 부재(2) 및 구동 전극(4)을 포함하는, 힘을 감지하기 위한 본 발명의 센서의 원리를 도시하는 도면이다. 탑재면(11)을 제외한 그외의 고정 부재들은 도 1에 도시되어 있지 않다. 탑재면 이외에 센서를 고정시키기 위한 다양한 형태들이 채택될 수 있다. 예를 들어, 센서의 외부 림(outer rim)은, 압전체가 실질적으로 진동하는 것을 방지하지 않는 탄성 특성들을 갖는 부재에 의해 둘러싸일 수 있다. 그렇지 않으면, 공지의 고정 방법이 채택될 수 있다. 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 도전성 고무와 같은 도전성 부재가 제한 부재로 사용되는 경우, 전극(3)은 제거될 수 있다.
- [0020] 압전체(1)는, 크리스탈(crystal), 티탄산 바륨(barium titanate) 또는 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride)로 구성된 압전 소자일 수 있다. 제한 부재(2)는 실리콘 또는 폴리우레탄(polyurethane)과 같이 탄성 변형될 수 있는 재료로 이루어질 수 있다. 이것은, (매우 큰 탄성 계수를 갖는) 경질 부재(hard member)가 압전체에 직접 접촉하면 진동이 급격히 감소하여 감지 동작이 어려워지기 때문이다.
- [0021] 압전체(1)는 서로 대향하는 한 쌍의 구동 전극들(4)을 구비하고, 일시적으로 변화하는 전압이 구동 전극들에 인가되며, 이에 의해 압전체는 진동할 수 있다. 진동 방향에 관하여, 압전체의 컷-아웃(cut-out) 형상은 주요한 진동 방향을 결정하며, 이에 의해 주요 모드에서의 진동 방향이 결정될 수 있다.
- [0022] 압전체(1)에 배치된 구동 전극들(4)에 대하여, 리드 전극들(3)은 제한 부재들(2)에 면 형태로 부착되고, 리드

전극들(3) 및 구동 전극들(4)은 서로 슬라이드가능하게 접촉된다.

- [0023] 이 구조를 채택하면, 압전체와 제한 부재가 접촉하는 면에 발생하는 마찰력에 의해 진동이 제한될 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 압전체의 진동 방향에 대하여 마찰을 이용함으로써 진동을 제한하는 것이 본 발명의 특징이다. 이를 위해, 제한 부재가, 진동 방향에 수직이 아닌(또는, 진동 방향으로부터 꺾인) 위치에 배치된 압전체의 표면에 접촉하는 구조를 채택하는 것이 필요하다. 이 경우, 제한 부재는 압전체의 진동면에 직접 간섭하지 않기 때문에, 제한 부재가 진동 방향과 실질적으로 평행하면, 제한 부재를 진동 방향과 교차하지 않도록 탑재하는 것이 유리하다.
- [0024] 종래의 압전 진동형 힘 센서에서, 제한 부재는 진동을 직접 제한하기 위해 외력 F에 의해 진동면에 접촉한다. 반면에, 본 발명은, 동적 마찰 계수를 μ 라고 하면, 마찰력 μF 에 의해 진동을 제한한다. 따라서, 이론적으로, μ 가 0.5이면, 종래의 센서와 같이 진동이 직접 제한되는 경우에 비하여 대략 2배 정도의 힘을 감지할 수 있다. μ 가 0.1이면, 대략 10배 정도의 힘을 감지할 수 있다. 즉, 압전 진동형 힘 센서에서, 진동을 제한하기 위해 마찰력을 이용함으로써, 정적인 힘들을 넓은 범위에서 감지할 수 있다.
- [0025] 도 2에 도시된 바와 같이, 가변 주파수 발진기(7)는 압전체의 공진 주파수 근방의 주파수를 갖는 전압을 저항 등으로 이루어진 임피던스(6)를 통해 힘 센서(5)의 압전체(1)에 인가하여, 압전체를 진동시킨다. 이 상태에서, 제한 부재(2)에 힘이 가해지면, 압전체(1)의 진동은 제한 부재(2)에 의해 제한된다. 따라서, 압전체의 임피던스가 증가하므로, 임피던스(6) 양단의 전압 진폭이 변화한다. 그 결과, 도 4에 도시된 힘과 출력 전압 사이의 관계가 취득된다. 이러한 임피던스 변화로부터 힘이 감지된다.
- [0026] (실험예 1)
- [0027] 도 5는 진동 방향을 직접 제한하기 위해 5.0mm의 직경과 9.8mm의 두께를 갖는 원통형 압전체를 사용하는 경우(종래의 기술)와, 진동 방향에 수직인 방향으로 힘을 작용하기 위해 마찰을 이용하는 경우(본 발명) 사이의 비교의 결과를 도시한다. 여기에서, 압전체는 제한 위치에 배치된 구동 전극을 구비하며, 교류 전압이 인가된다. 주요 공진 주파수는 145kHz가 되고, 진동 모드는 수직 효과가 된다. 또한, 1mm의 두께를 갖는 폴리우레탄 고무가 제한 부재로서 사용되었다.
- [0028] 힘이 제한 부재에도 작용하는 경우에도 출력 전압 진폭이 변화하지 않는 지점은 힘 감지 한계로서 간주된다. 힘이 평행 방향으로 작용한 경우(압전체의 진동을 직접적으로 제한하는 경우), 힘 감지 한계는 대략 300gf이다. 반면에, 힘이 수직 방향으로 작용한 경우(마찰력을 이용하여 압전체의 진동을 제한하는 경우), 힘 감지 한계는 대략 400gf이다.
- [0029] 따라서, 진동 방향에 수직인 방향으로 힘이 작용하면, 힘 감지 한계가 커짐을 알게 된다. 즉, 마찰에 의해 압전체의 진동을 제한하는 방법은 힘을 감지하는 범위를 확장시키는데 유효하다.
- [0030] 진술된 실험 결과들에 관하여, 진동 방향 및 힘이 작용한 방향은 서로 수직이다($\theta=90^\circ$) (도 6을 참조). 따라서, 수직 방향으로 힘이 작용한 경우의 실험 결과들에 기초하여, 압전체에 작용하는 힘과, 힘이 작용한 방향과 진동 방향 사이의 각도 θ 사이의 관계가 연구된다. 그 결과는 도 7에 도시된다. 각도 θ 는 힘 F가 400gf인 조건에서 변경된다. 따라서, 이때의 실험 모델에서, 예를 들어, 평행 방향의 힘 감지 한계는 300gf이다. 따라서, $50^\circ \leq \theta \leq 130^\circ$ 의 범위에서, 진동 방향에 대해 힘이 작용하는 방향에 관하여, 종래의 감지 방법은 감지 한계를 벗어난다. 따라서, 본 발명의 방법을 사용하여, 힘이 감지될 수 없는 범위를 제거하도록 힘을 감지하는 범위가 확장될 수 있다. 제한 부재의 힘을 수용하는 표면에 슬립이 발생하지 않는 이상적인 상태에서, 각도 θ 가 제로(zero)보다 크기만 하면, 힘이 감지될 수 있다. 원하는 각도에서 힘을 감지할 수 있도록, 제한 부재의 탄성 특성, 표면 거칠기 등의 표면 특성, 압전체와 접촉하는 방법 등이 적절하게 결정되는 구조를 채택할 수 있다.
- [0031] (실험예 2)
- [0032] 표 1은 압전체를 외부 제어 회로에 탄성적으로 접속시키는 전극의 영향을 연구한 결과를 도시한다. 압전체로서, (2mm의 직경과 0.5mm의 두께를 갖는) 디스크 소자 및 (2mm의 외부 직경, 1mm의 내부 직경 및 0.5mm의 두께를 갖는) 링 소자가 사용되었다. 20gf의 부하가 인가되었을 때의 출력 전압들이 표 1에 도시된다. "솔더가 있음"에 관하여, 리드 선은 솔더링에 의해 압전체에 직접 접속되어 있다. 반면에, "솔더가 없음"에 관하여, 접촉에 의해 전기 도전성을 유지하도록 제한 부재의 표면에 알루미늄 포일(aluminum foil)이 배치된다.

표 1

소자	전극	출력 전압 (20gf의 부하에서)
2mm 링	솔더가 있음	212 mV
	솔더가 없음	436 mV
2mm 디스크	솔더가 있음	424 mV
	솔더가 없음	732 mV

[0033]

[0034]

실험 결과들로부터, 링 소자의 경우 및 디스크 소자의 경우 모두에서, "솔더가 없음"은 "솔더가 있음"보다 대략 2배 큰 출력 전압을 취득할 수 있다는 것이 확인된다. 따라서, 압전체 및 제한 부재의 전기적인 도전부들이 고정되어 있지 않고 전기적인 도전성을 유지하기 위해 서로 접촉하는 상태를 만듦으로써 힘을 감지하는 범위를 확장시킬 수 있다.

[0035]

압전체를 외부 제어 회로에 전기적으로 접속시키기 위해 리드 선이 직접 솔더링된 종래의 구조는 압전체에 부착된 솔더로 인한 진동의 제한을 야기하여, 감지 범위가 좁아진다. 본 발명을 사용하면, 압전체 및 제한 부재의 도전부들이 고정되어 있지 않고 전기적인 도전성을 유지하기 위해 서로 접촉하는(마찰에 의해 제한되는) 상태를 만듦으로써 힘을 감지하는 범위가 확장될 수 있다.

[0036]

또한, 본 발명은, 솔더링 상태로 인한 발진기의 진동 특성의 변화 및 솔더링의 오동작으로 인한 리드선의 드롭아웃(dropout)을 포함하는, 솔더링으로 인한 다양한 문제점들도 해결할 수 있다.

[0037]

예시적인 실시예들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명은 개시된 실시예들에 제한되는 것이 아님을 이해해야 한다. 이하의 청구범위의 범주는 모든 그러한 변경들 및 등가 구조물들 및 기능들을 포함하도록 최광의로 해석되어야 한다.

[0038]

본 출원은 2008년 1월 22일에 출원된 일본 특허출원번호 제2008-011626호 및 2009년 1월 16일에 출원된 일본 특허출원번호 제2009-007768호의 이익을 주장하며, 본 명세서에 그 전체가 참조로서 포함된다.

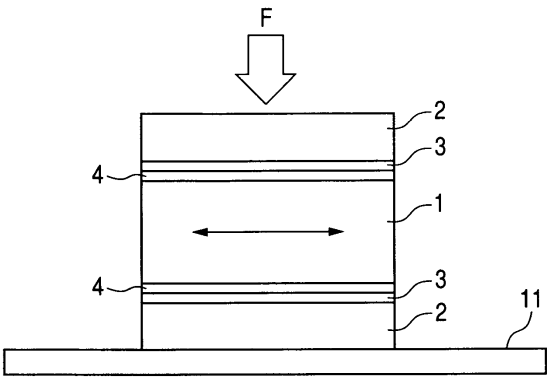
부호의 설명

[0039]

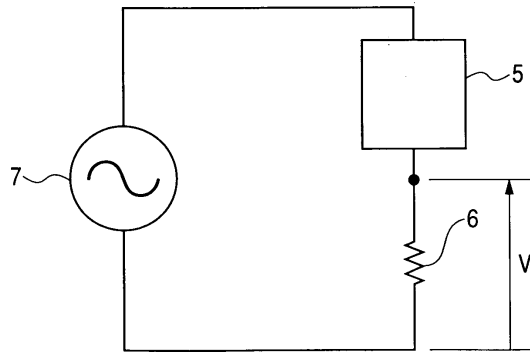
- 1: 압전체
- 2: 제한 부재
- 11: 탑재면

도면

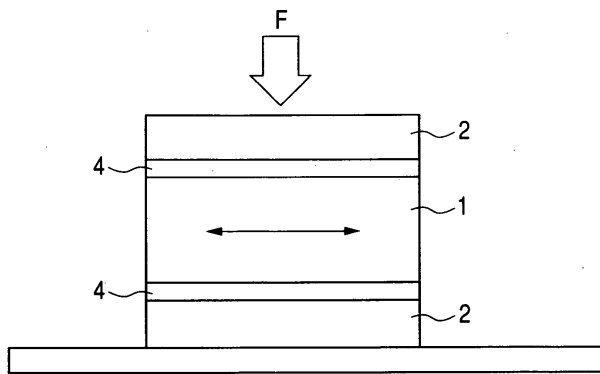
도면1



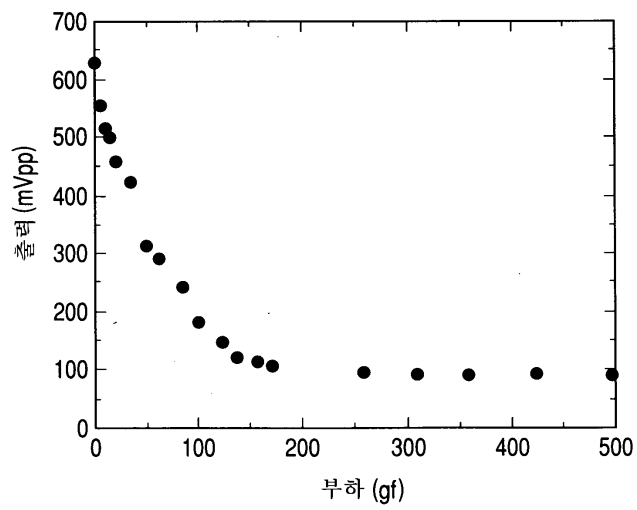
도면2



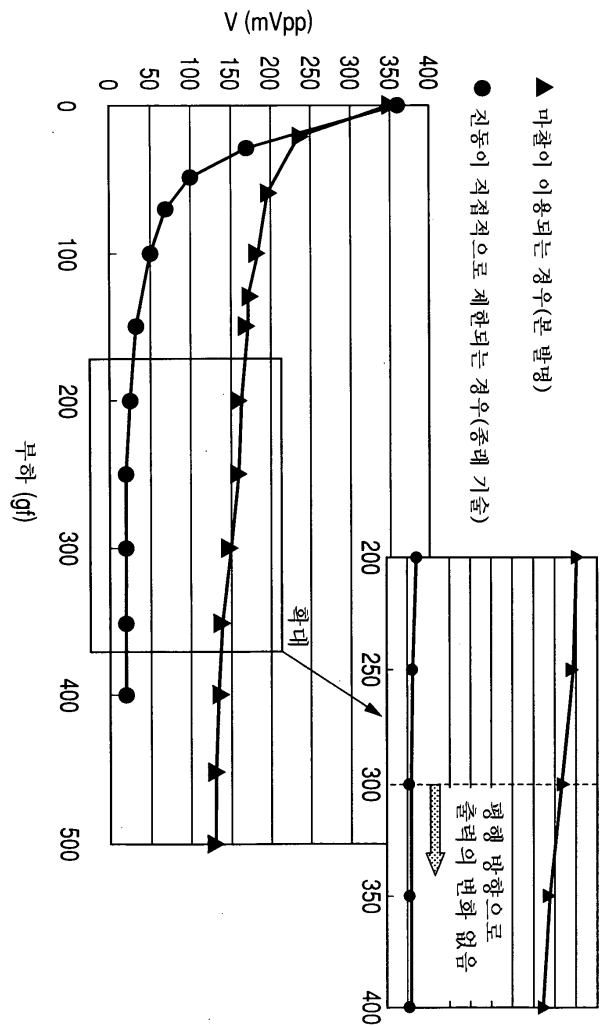
도면3



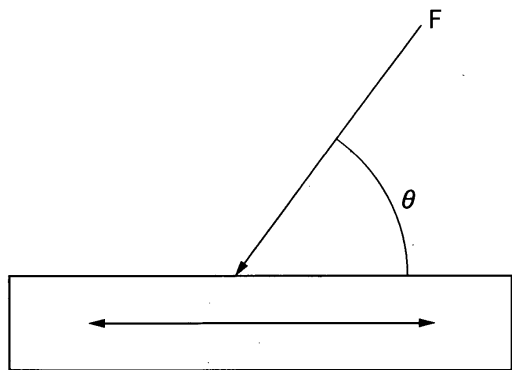
도면4



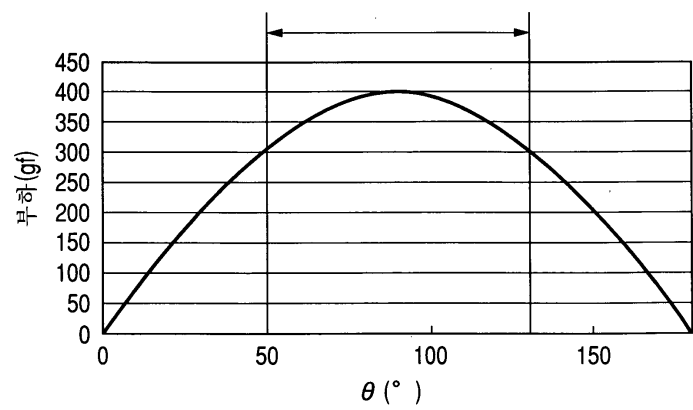
도면5



도면6



도면7



도면8

