

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0136995 (43) 공개일자 2012년12월20일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 21/786 (2006.01) G01N 27/00 (2006.01) (21) 출원번호 10-2011-0056257 (22) 출원일자 2011년06월10일 심사청구일자 2011년06월10일		(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1 (72) 발명자 주병권 서울특별시 종로구 평창10길 7-2 (평창동) 이경수 서울특별시 강서구 화곡로63길 114, 미주 106-501 (등촌동, 진로아파트) (74) 대리인 특허법인주원

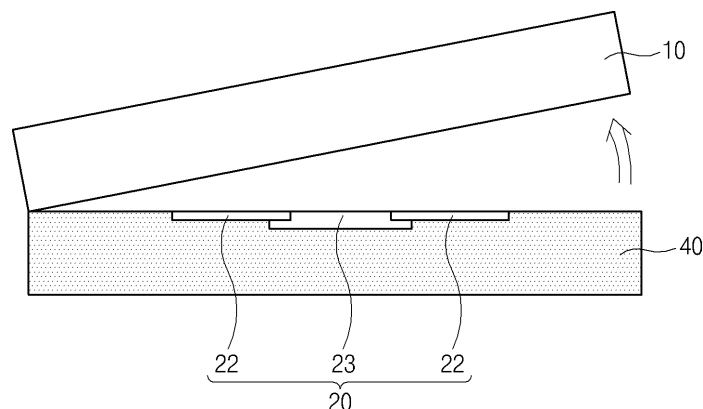
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 물리적 전사 방법에 의한 탄소나노튜브 기반의 유연 센서 소자 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 유연 센서 소자의 제조 방법을 공개한다. 본 발명은 고체 기판에 형성된 센서부를 유연 기판에 전사함으로써 유연성이 뛰어난 센서 소자를 제공한다. 특히, 본 발명은, 종래 기술에 따라서 고체 기판에 센서부를 형성하고, 완전 경화된 후에도 유연성 있는 유연 기판의 표면이 경화되기 직전에, 즉, 유연 기판 표면에 점성이 있는 상태에서, 고체 기판에 형성된 센서부를 점성이 있는 유연 기판의 표면에 압입하고, 센서부가 압입된 상태에서 유연 기판 표면을 경화시킨 후, 고체 기판을 분리함으로써, 간편하게 센서부를 고체 기판으로부터 유연 기판으로 전사할 수 있다. 또한, 본 발명은 센서부의 활성층을 막대 형상을 갖는 탄소나노튜브들의 배열로 형성하고, 유연 기판 표면에 점성이 있는 상태에서 센서부를 유연 기판 표면에 압입하여, 유연 기판을 구성하는 물질이 임의로 배열된 탄소나노튜브하부 영역 공간에만 침투하게 함으로써, 탄소나노튜브를 유연 기판에 고정적으로 접합할 수 있게 되어, 활성층을 구성하는 탄소나노튜브가 유연 기판의 휘어짐에도 유연 기판을 이탈하지 않고, 강한 접합력을 유지할 수 있다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 000427240110

부처명 중소기업청

연구사업명 산학연공동기술개발사업

연구과제명 차세대 플렉서블 나노센서 개발

주관기관 고려대학교산학협력단

연구기간 2010.06.01 ~ 2011.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

- (a) 고체 기판 위에 센서부를 형성하는 단계; 및
- (b) 상기 센서부를 유연 기판으로 전사하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유연 센서 소자 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 센서부는

고체 기판 위에 형성된 전극 패턴, 및

상기 전극 패턴과 연결되고, 임의로 배열된 탄소나노튜브들로 구성된 활성층을 포함하는 것을 특징으로 하는 유연 센서 소자 제조 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

- (b1) 표면이 점성을 띄는 유연 기판을 생성하는 단계;
- (b2) 상기 유연 기판의 표면이 상기 센서부와 맞닿도록 상기 고체 기판과 상기 유연 기판을 접합하는 단계;
- (b3) 상기 유연 기판이 상기 고체 기판과 접합된 상태에서 상기 유연 기판의 표면을 경화시키는 단계; 및
- (b4) 상기 센서부와 상기 고체 기판을 분리하여 상기 센서부를 상기 유연 기판으로 전사하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유연 센서 소자 제조 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 유연 기판은 PDMS(Polydimethylsiloxane) 기판이고,

상기 (b1) 단계는, 상기 PDMS 기판을 형성하는 원재료 용액에 경화제를 10:1 내지 15:1의 비율로 혼합한 혼합 용액에 온도를 가하여 상기 PDMS 기판을 생성하는 것을 특징으로 하는 유연 센서 소자 제조 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 (b1) 단계는, 상기 PDMS 기판을 형성하는 원재료 용액에 경화제를 12.5:1의 비율로 혼합한 혼합 용액에 온도를 가하여 상기 PDMS 기판을 생성하는 것을 특징으로 하는 유연 센서 소자 제조 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 (b1) 단계는,

상기 혼합 용액을, 약 60 내지 80 도의 온도에서 10~20분 또는 약 70 내지 90도의 온도에서 8~16분 동안 경화시켜 상기 표면이 점성을 띄는 PDMS 기판을 생성하는 것을 특징으로 하는 유연 센서 소자 제조 방법.

청구항 7

제 3 항에 있어서, 상기 (b2) 단계는

상기 센서부를 표면이 점성을 띄는 상기 유연 기판의 표면 내부로 압입시켜 상기 고체 기판과 상기 유연 기판을 접합하는 것을 특징으로 하는 유연 센서 소자 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 (b1) 단계는

상기 (b2) 단계에서, 상기 유연 기관의 표면 물질이 상기 활성층을 구성하는 임의로 배열된 탄소나노튜브들의 하부 영역에만 접촉할 정도의 점성을 갖도록, 상기 유연 기관을 형성하는 것을 특징으로 하는 유연 센서 소자 제조 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 유연 센서 소자 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 탄소나노튜브 기반의 유연 센서 소자 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 발명의 기술 분야에서 지칭되는 일반적인 센서 소자는 대기 중에 활성층이 노출되어, 대기 중에 포함된 가스 성분이나 주변 환경 변화(온도, 습도 등)에 따라서 활성층의 전기적 특성(예컨대, 저항)이 변화되고, 활성층의 전기적 특성 변화를 이용하여 대기 중에 포함된 가스 성분이나 주변 환경 변화를 측정하는 것을 말한다.

[0003] 실리콘 등을 이용하는 고체형 센서 소자는 그 응용 범위가 한계점에 도달하고 있고, 유비쿼터스(Eubiquitous) 환경 하에서 다양한 표면에 적용할 수 있는 변형 가능한 새로운 형태의 반도체 소자의 개발이 요구되고 있다. 유연 소자는 이와 같은 시대의 요구의 부응이며 현재 OLED(Organic Light Emitting Device), Flexible 태양전지, Flexible transistor, wearable sensor 등의 개발이 활발히 진행되고 있다. 더불어 플라스틱 재료를 사용할 수 있기 때문에 기존 고체 기반의 전자 소자에 비해 가격이 저렴하고 가볍고 휴대성이 강화되는 장점 또한 수반된다.

[0004] 기존 유연 소자의 제작 방법으로는 플라스틱 기관에 직접 공정을 수행하는 연속공정(roll-to-roll)이 주를 이루고 있으나, 이와 같은 용액 기반 공정에는 용액 형태의 재료가 사용되는데, 기관 및 전극 등 기존 고체 재료에 비해 물리화학적 특성이 현저히 떨어지고 안정성이 확보되지 않아, 전체적으로 소자의 전기적 특성을 저하시키는 주된 요인이 되고 있다.

[0005] 또 다른 유연 소자 제작 방법으로는 소재를 스탬프(stamp)로 플라스틱 기관에 전사하는 임프린트(imprint) 방법이 있는데, 이는 소재와 기관 표면간의 표면에너지가 물리적, 화학적 처리 방법으로 조절하는 과정을 필요로 하며 역시 고가의 장비를 필요로 한다는 단점을 가지고 있다.

[0006] 유연 소자(flexible device)에 적합한 소재로는 탄소나노튜브와 같은 나노소재가 주목받고 있는데, 이는 탄소나노튜브가 가지는 뛰어난 전기적 특성을 근간으로 하며, 휘어짐에도 구조의 변형에 의한 전기적 특성 변화가 고체 소재에 비해 적기 때문이다.

[0007] 종래의 탄소나노튜브를 이용하여 유연 소자를 제조하는 방법들은, 기관과 탄소나노튜브간의 표면에너지에 의한 정전기적 인력을 이용한 전사 방법을 주로 이용하는데, 이러한 종래 방식은 점착성(adhesion)이 우수하지 않다는 단점을 가지고 있다. 이는 휘어짐에 의해 탄소나노튜브가 이탈하거나 외부 환경에 의해 탈착하여 전자소자의 성능저하를 유발하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 이러한 종래 기술의 문제점을 해결하여, 기존의 고체 재료 기반의 소자와 같이 외부의 압력에도 강인하여 기존 고체 기반의 센서 소자의 성능을 저하시키지 않으면서도, 유연성이 뛰어난 센서 소자를 제조하는 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 유연 센서 소자 제조 방법은, (a) 고체 기관 위에 센서부를 형성하는 단계;

및 (b) 상기 센서부를 유연 기판으로 전사하는 단계를 포함한다.

- [0010] 또한, 상기 센서부는, 고체 기판 위에 형성된 전극 패턴, 및 상기 전극 패턴과 연결되고, 임의로 배열된 탄소나노튜브들로 구성된 활성층을 포함할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 (b) 단계는, (b1) 표면이 점성을 띄는 유연 기판을 생성하는 단계; (b2) 상기 유연 기판의 표면이 상기 센서부와 맞닿도록 상기 고체 기판과 상기 유연 기판을 접합하는 단계; (b3) 상기 유연 기판이 상기 고체 기판과 접합된 상태에서 상기 유연 기판의 표면을 경화시키는 단계; 및 (b4) 상기 센서부와 상기 고체 기판을 분리하여 상기 센서부를 상기 유연 기판으로 전사하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 유연 기판은 PDMS(Polydimethylsiloxane) 기판이고, 상기 (b1) 단계는, 상기 PDMS 기판을 형성하는 원재료 용액에 경화제를 10:1 내지 15:1의 비율로 혼합한 혼합 용액에 온도를 가하여 상기 PDMS 기판을 생성할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 (b1) 단계는, 상기 PDMS 기판을 형성하는 원재료 용액에 경화제를 12.5:1 의 비율로 혼합한 혼합 용액에 온도를 가하여 상기 PDMS 기판을 생성할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 (b1) 단계는, 상기 혼합 용액을, 약 60 내지 80 도의 온도에서 10~20분 또는 약 70 내지 90도의 온도에서 8~16분 동안 경화시켜 상기 표면이 점성을 띄는 PDMS 기판을 생성할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 (b2) 단계는, 상기 센서부를 표면이 점성을 띄는 상기 유연 기판의 표면 내부로 압입시켜 상기 고체 기판과 상기 유연 기판을 접합할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 (b1) 단계는, 상기 (b2) 단계에서, 상기 유연 기판의 표면 물질이 상기 활성층을 구성하는 임의로 배열된 탄소나노튜브들의 하부 영역에만 접촉할 정도의 점성을 갖도록, 상기 유연 기판을 형성할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명은 고체 기판에 형성된 센서부를 유연 기판에 전사함으로써 유연성이 뛰어난 센서 소자를 제공한다.
- [0018] 특히, 본 발명은, 종래 기술에 따라서 고체 기판에 센서부를 형성하고, 완전 경화된 후에도 유연성 있는 유연 기판의 표면이 경화되기 직전에, 즉, 유연 기판 표면에 점성이 있는 상태에서, 고체 기판에 형성된 센서부를 점성이 있는 유연 기판의 표면에 압입하고, 센서부가 압입된 상태에서 유연 기판 표면을 경화시킨 후, 고체 기판을 분리함으로써, 간편하게 센서부를 고체 기판으로부터 유연 기판으로 전사할 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명은 센서부의 활성층을 막대 형상을 갖는 탄소나노튜브들의 배열로 형성하고, 유연 기판 표면에 점성이 있는 상태에서 센서부를 유연 기판 표면에 압입하여, 유연 기판을 구성하는 물질이 탄소나노튜브가 임의로 배열될 때 발생하는 공간들로 침투하게 함으로써, 탄소나노튜브를 유연 기판에 고정적으로 접합할 수 있게 되어, 활성층을 구성하는 탄소나노튜브가 유연 기판의 휘어짐에도 유연 기판을 이탈하지 않고, 강인한 접합력을 유지할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명은 유연 기판의 경화 조건을 조절하여, 센서부가 유연 기판에 접합될 때, 활성층을 구성하는 임의로 배열된 탄소나노튜브의 하부 영역 공간에만 유연 기판을 형성하는 물질이 침투하도록 유연 기판의 점성을 조절함으로써, 탄소나노튜브의 강인한 접합력을 유지하면서도, 종래 기술에 비하여 탄소나노튜브의 많은 영역을 공기중에 노출시킴으로써 보다 민감하게 반응하는 유연 센서 소자를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 고체 기판에 센서부가 형성된 단계를 설명하는 도면이다.
- 도 2는 점성 있는 유연 기판을 형성하여 센서부가 형성된 고체 기판과 대향시키는 단계를 설명하는 도면이다.
- 도 3은 고체 기판과 유연 기판을 접합하는 단계를 설명하는 도면이다.
- 도 4는 고체 기판을 유연 기판으로부터 분리하여 유연 기판에 센서부를 전사하는 단계를 설명하는 도면이다.
- 도 5는 본 발명에 따라서 완성된 유연 센서 소자의 단면을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.
- [0023] 도 1 내지 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 유연 센서를 제조하는 방법을 설명하는 도면으로서, 도 1은 고체 기판(10)에 센서부(20)가 형성된 단계를 설명하는 도면이고, 도 2는 점성 있는 유연 기판을 형성하여 센서부가 형성된 고체 기판과 대향시키는 단계를 설명하는 도면이며, 도 3은 고체 기판(10)과 유연 기판(40)을 접합하는 단계를 설명하는 도면이고, 도 4는 고체 기판(10)을 유연 기판(40)으로부터 분리하여 유연 기판(40)에 센서부(20)를 전사하는 단계를 설명하는 도면이며, 도 5는 본 발명에 따라서 완성된 유연 센서 소자의 단면을 도시하는 도면이다.
- [0024] 도 1 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 유연 센서 소자 제조 방법을 설명하면, 먼저, 도 1에 도시된 바와 같이, 종래의 고체 소재의 센서를 제조하는 방식과 동일하게, 고체 기판(10)에 전극 패턴(22)을 형성하고, 상기 전극 패턴(22)과 접촉하는 활성층(Active layer)(23)을 탄소나노튜브(Carbon Nanotube)(32-1)를 이용하여 형성한다.
- [0025] 고체 기판(10)으로는 실리콘 기판, 유리 기판과 같이, 종래 기술의 고체 소재 제작에 이용되는 일반적인 고체 기판이 이용될 수 있고, 전극 패턴(22) 및 탄소나노튜브(32-1)로 활성층(23)을 형성하는 공정 역시, 종래 기술에서 일반적으로 이용되는 사진 식각(photolithography) 공정 등의 방식으로 형성될 수 있다.
- [0026] 고체 기판(10)에 전극 패턴(22)과, 전극 패턴(22)과 연결되는 탄소나노튜브(32-1)로 형성된 활성층(23)으로 구성되는 센서부(20)가 형성되면, 도 2에 도시된 바와 같이, 센서부(20)를 전사할 유연 소재의 기판(유연 기판(40))을 생성하고, 고체 기판(10)에 형성된 센서부(20)가 유연 기판(40)을 향하도록 배치한다.
- [0027] 이 때, 유연 기판(40)은 표면이 완전히 경화되지 않고, 기판 표면에 점성이 남아있는 재질로서, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 PDMS(Polydimethylsiloxane)를 이용하였다.
- [0028] PDMS는 원재료 용액에 경화제를 첨가한 혼합 용액을 가열하는 경우에, 경화되는 성질을 갖는데, 완전 경화된 이후에도 탄성력을 가지므로, 유연 센서 소자 제작에 적합하다. 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 고체 기판(10)에 형성된 센서부(20)를 PDMS 기판(40)으로 전사하기 위해서는, PDMS 기판(40)의 경화 및 점성 상태를 적절히 선택하여 전사를 수행하는 것이 필요하다.
- [0029] 만약, PDMS 기판(40)의 경화가 완료되어 표면이 딱딱해지면 센서부(20)가 PDMS 기판(40) 내부로 압입되기 어려워 전사가 불가능하고, PDMS 기판(40)의 경화가 덜 진행되어 표면의 점성이 너무 높으면 센서부(20)가 PDMS 기판(40)에 전사된 이후에도 이동되어 원하는 위치 및 크기의 유연 센서 소자를 얻기 어렵다. 따라서, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 센서부(20)를 PDMS 기판(40)에 최적 조건에서 전사하기 위해서, 실험을 통해서 다음과 같은 전사 조건을 설정하였다.
- [0030] 먼저, PDMS 기판(40)을 형성하는 원재료 용액과 경화제의 무게 비율은 10:1 내지 15:1의 비율일 때, 양호하게 센서부(20)를 PDMS 기판(40)으로 전사할 수 있었고, 실험적으로는 용액과 경화제의 무게 비율이 12.5: 1 일 때가 최적 전사 조건인 것으로 확인되었다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는 Sylgard184와 SILICONE ELASTOMER CURING AGENT를 12.5대 1의 비율로 혼합하여 PDMS 기판(40)을 생성하였다.
- [0031] 또한, 상기 비율에 따라서 생성된 PDMS 기판(40)을 경화시키는 조건으로는, 약 60 내지 80도 정도의 온도에서 약 10~20분정도 경화시키거나, 약 70 내지 90도 정도의 온도에서 약 8~15분 정도 경화시켰을 때 PDMS 기판(40) 표면의 점성이 센서부(20)를 전사하기에 최적임이 확인되었다.
- [0032] 다시 도 2를 참조하면, 점선으로 그려진 원 안에 도시된 바와 같이, 탄소나노튜브(32-1)로 구성되는 활성층(23)은 막대 형상의 탄소나노튜브(32-1)들이 복잡하게 서로 불규칙하게 수평으로 배열되어 존재하게 된다.
- [0033] 상술한 최적의 경화 조건 상태에 있는 PDMS 기판(40)이, 도 2에 도시된 바와 같이 배치되면, 센서부(20)가 점성이 있는 PDMS 기판(40)의 표면에 압입되도록, 도 3에 도시된 바와 같이, 상술한 고체 기판(10)에 압력을 가하여 고체 기판(10)을 PDMS 기판(40)과 접합한다.
- [0034] 그러면, 도 3의 점선으로 표시된 원 안에 도시된 바와 같이, 탄소나노튜브 막대들(32-1)이 임의로 배열되어 생성된 활성층(23) 중에서, 탄소나노튜브 막대들(32-1)이 불규칙하게 배열됨으로써 형성된 공간들에, 점성이 남아 있는 PDMS 물질들이 채워지면서 센서부(20)가 PDMS 기판(40)과 결합된다. 이 때, 도 3의 원안에 도시된 바와 같이, PDMS 기판(40)의 최적의 전사 조건하에서는, PDMS 기판(40) 표면의 점성이 있는 물질이, 활성층(23)을 구

성하는 탄소나노튜브 막대들(32-1)의 배열 하단 영역에 침투하게 된다. 따라서, 도 5를 참조하여 후술하는 바와 같이, 고체 기관(10)과 PDMS 기관(40)을 분리하는 경우에, 활성층(23)의 표면뿐만 아니라 활성층(23)을 구성하는 탄소나노튜브(32-1)들의 배열 상부 영역은 공기중에 노출되게 된다.

[0035] 도 3과 같이 PDMS 기관(40)과 고체 기관(10)이 접합된 상태에서 추가로 열을 가하거나, 일정한 시간이 흐르면, PDMS 기관(40)이 완전히 경화되고, PDMS 기관(40)이 완전히 경화되면, 도 4에 도시된 바와 같이, 고체 기관(10)을 PDMS 기관(40)으로부터 분리함으로써, 도 5에 도시된 바와 같이, 센서부(20)를 PDMS 기관(40)으로 전사하여 유연 센서 소자를 완성한다.

[0036] 이 때, 센서부(20)와 고체 기관(실리콘 기관 또는 유리 기관)(10) 사이의 접합력은 센서부(20)와 PDMS 기관(40) 사이의 접합력에 비하여 매우 작으므로, 작은 힘을 가해도 고체 기관(10)은 용이하게 센서부(20) 및 PDMS 기관(40)으로부터 분리될 수 있다.

[0037] 도 5의 점선으로 표시된 원 안의 도면은, 고체 기관(10)이 분리된 후의 PDMS 기관(40)과 탄소나노튜브(32-1)로 형성된 활성층(23) 및 전극 패턴(22)과의 접합면을 확대하여 도시한 도면으로서, 해당 도면을 참조하면, 전극 패턴(22)은 PDMS 기관(40)과 밀착되어 접합되는 반면, 활성층(23)을 구성하는 탄소나노튜브 막대들(32-1)의 배열의 하부 영역은 PDMS 기관(40)에 접합되고, 상부 영역은 공기중에 노출된다. 즉, 탄소나노튜브 막대(32-1)의 일부가 PDMS 기관(40)에 고정적으로 접합됨으로써, 활성층(23)을 구성하는 전체 탄소나노튜브(32-1)가 안정적으로 PDMS 기관(40)과 접합되어, 종래 기술의 활성층(23)을 구성하는 소재가 기관의 휘어짐에 따라서 기관으로부터 이탈하는 문제점을 해소함과 동시에, 탄소나노튜브(32-1)로 구성되는 활성층(23)의 상부 영역은 공기중에 노출되고, 하부 영역은 PDMS에 의해 고착화되어 종래 기술 보다, 휘어짐에도 이탈작 없이 주위 환경의 변화를 감지할 수 있다.

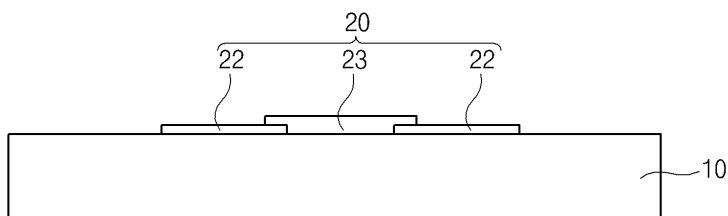
[0038] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

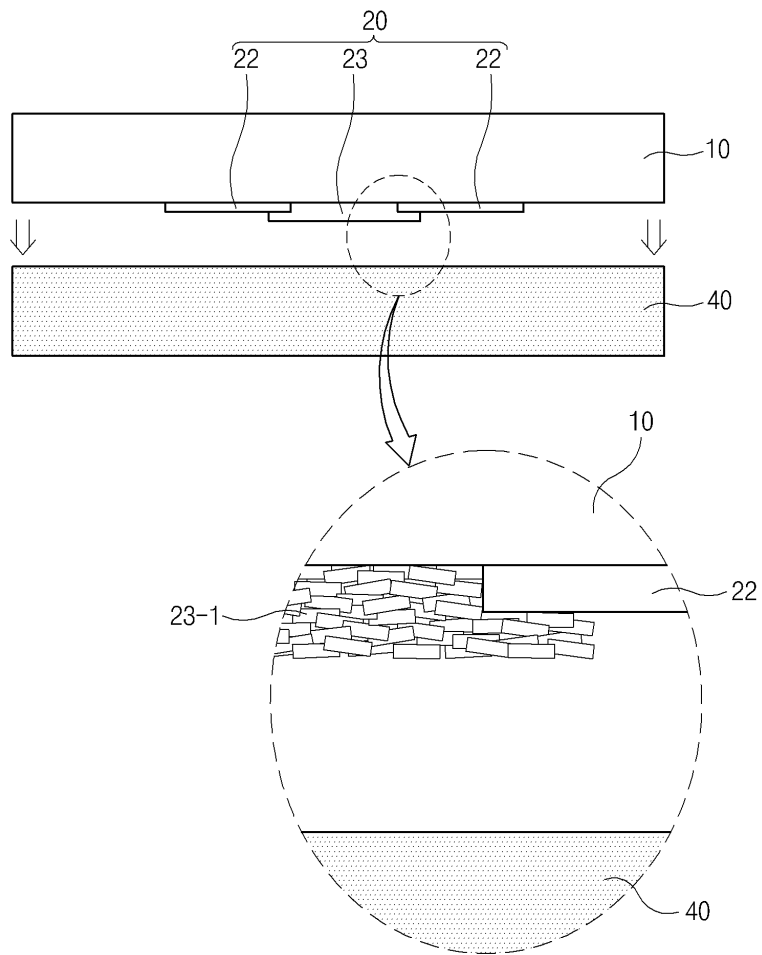
- [0039]
- 10 고체 기관
 - 20 센서부
 - 22 전극 패턴
 - 23 활성층
 - 32 탄소나노튜브
 - 40 유연 기관(PDMS 기관)

도면

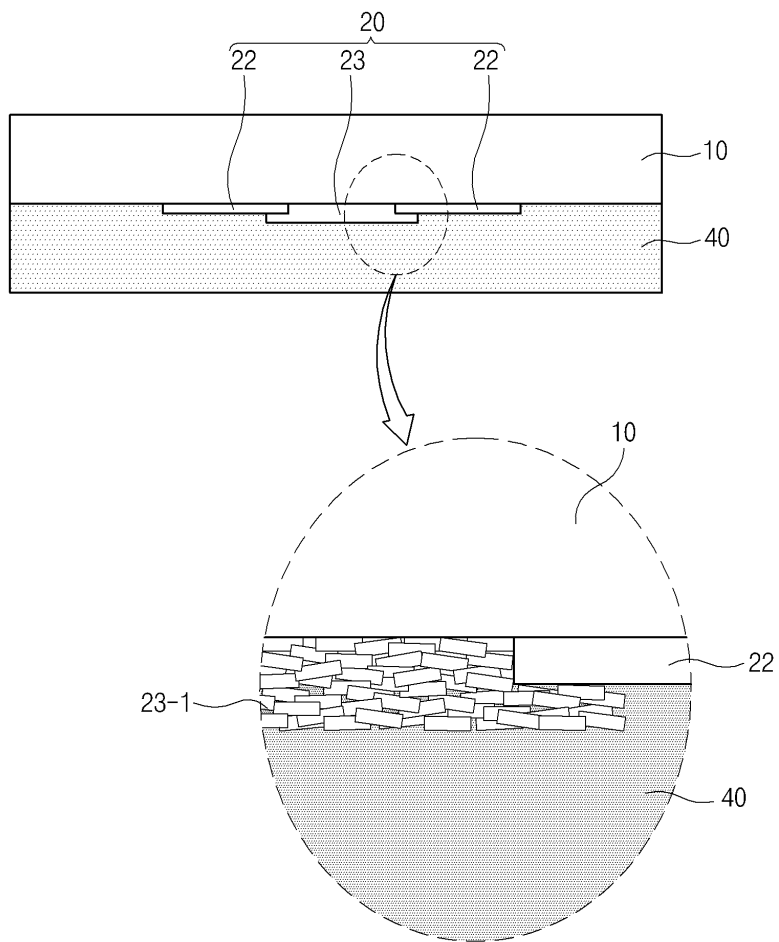
도면1



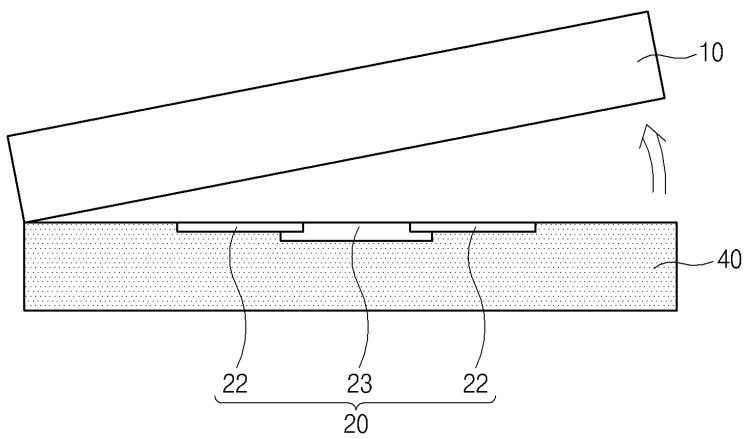
도면2



도면3



도면4



도면5

