



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년02월18일
(11) 등록번호 10-1234181
(24) 등록일자 2013년02월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
GOIL 1/00 (2006.01) *GOIL 9/00* (2006.01)
H01L 41/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0014504
 (22) 출원일자 2011년02월18일
 심사청구일자 2011년02월18일
 (65) 공개번호 10-2012-0095076
 (43) 공개일자 2012년08월28일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020110006644 A
 US7776445 B2

(73) 특허권자
그래핀스퀘어 주식회사
 서울특별시 강남구 봉은사로72길 18, 301(삼성동)
 (72) 발명자
홍병희
 서울특별시 강남구 봉은사로72길 18, 202호 (삼성동)
김영수
 서울특별시 서초구 효령로77길 20, 현대ESA아파트 1107호 (서초동)
 (74) 대리인
특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 6 항

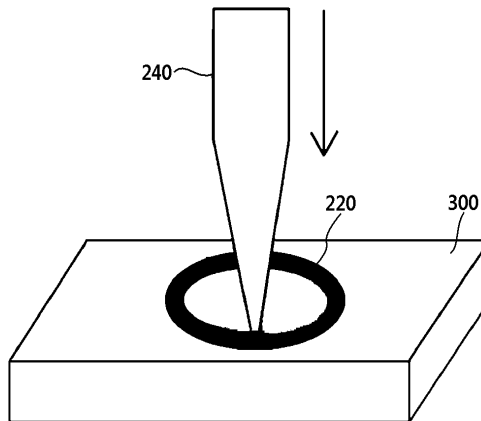
심사관 : 이현길

(54) 발명의 명칭 **그래핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법 및 이에 사용되는 그래핀 소자**

(57) 요약

그래핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법 및 이에 사용되는 그래핀 소자가 개시된다. 그래핀층이 전사된 가요성 투명기판 상에 전극을 형성한 그래핀 소자에 압력과 전압을 인가하고, 인가시 전류의 비교를 통해 용이하게 압력을 센싱할 수 있다. 또한 상기의 방법에 사용되는 그래핀 소자는 미세한 압력에 반응하는 스트레인 게이지 압력센서나 터치스크린의 투명전극으로 응용이 가능한 효과가 있다.

대표도 - 도9



특허청구의 범위

청구항 1

그라핀층을 가지는 그라핀 소자를 준비하는 단계;
 상기 그라핀 소자에 압력을 인가하는 단계;
 상기 압력이 인가된 그라핀 소자의 양전극에 전압을 인가하고, 전류를 측정하는 단계; 및
 상기 전류의 비교를 통해 상기 압력을 센싱하는 단계를 포함하고,
 상기 그라핀층을 가지는 그라핀 소자를 준비하는 단계는,
 성장용 기관 상에 금속층 및 그라핀층을 순차적으로 형성하는 단계;
 상기 그라핀층 상부에 전사용 희생층을 형성하는 단계;
 상기 전사용 희생층을 패터닝하는 단계;
 상기 패터닝된 전사용 희생층을 식각 마스크로 사용하여 상기 그라핀층을 식각하는 단계;
 상기 전사용 희생층을 제거하는 단계;
 상기 그라핀층 상에 가요성 투명기관을 도입하는 단계;
 상기 금속층을 제거하는 단계; 및
 상기 그라핀층 상에 전극을 형성하는 단계를 포함하는 그라핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 성장용 기관 상에 금속층 및 그라핀층을 순차적으로 형성하는 단계는,
 화학적 기상 증착법을 사용하는 것을 특징으로 하는 그라핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 상기 전사용 희생층을 패터닝하는 단계는,
 전자빔 리소그래피 공정에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 그라핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 상기 그라핀층 상에 전극을 형성하는 단계는,
 패터닝된 마스크를 이용하여 전극을 열 증착하는 것을 특징으로 하는 그라핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 상기 그라핀 소자에 압력을 인가하는 단계는,
 탐침을 이용하여 국소적으로 압력을 인가하는 것을 특징으로 하는 그라핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 압력은, 그래핀 소자의 표면 상에 수직방향으로 작용하는 것을 특징으로 하는 그래핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 그래핀 소자를 이용한 압력 센싱 방법 및 이에 사용되는 그래핀 소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 그래핀층이 전사된 가요성 투명기판 상에 전극을 형성한 그래핀 소자에 압력과 전압을 인가하고, 인가시 전류의 비교를 통해 압력을 센싱하는 방법 및 이에 사용되는 그래핀 소자에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 나노기술의 등장과 나노 물질의 사용으로 인하여, 압전체 분야에서도 다양하고 새로운 연구가 한창이다. 일반적으로, 압전형의 나노소자는 전기적 에너지가 외부의 자극으로 다양한 방법으로 생성될 수 있어 자가구동 시스템의 구현을 가능케 하는 이점을 가진다.

[0003] 꾸준한 연구를 통하여, 국내의 연구진은 가요성이 있는 나노소자를 구현하는데 성공하였다. 이는 산화아연(ZnO) 나노로드를 기반으로 하는 피에조 압전 소자이다[Advanced Materials, DOI 10., 1002/ adma. 803605]. 가요성이 있는 나노소자는 자체충전이 가능한 터치 스크린 플레이어와 같이 새로운 방식의 에너지 수확 기술 등에 폭넓은 응용이 가능하다.

[0004] 그러나, 나노소자를 위하여 그동안 사용된 ITO 필름은 세라믹 소재인 특성상 유연성에 한계가 있으며, 인듐의 고갈로 인하여 향후 생산이 불가능한 시점이 도래할 것으로 예상되어 이를 대체할 재료 및 기술을 확립하는 것이 요구된다.

[0005] 한편, 그래핀은 2004년에 발견된 새로운 2차원 탄소물질로써 현재까지 학계에서 활발히 연구되고 있는 분야이다. 최근 그래핀의 전기적 특성에 관하여 다양한 연구 결과들이 발표되었으며, 그동안의 그래핀의 연구 성과는 기초적인 물리적 특성을 발견하는 것에 국한되지 않고, 이를 이용한 새로운 소자의 출현까지 예고하고 있다.

[0006] 그래핀을 이용하여 새로운 응용 소자를 만들거나 집적 소자를 만들기 위해 그래핀의 전기적 특성의 제어는 필수적 요청사항이며, 대한민국 등록특허 10-1006488호에는 그래핀의 전기적 특성을 제어하는 방법이 개시된다. 이는 산소 플라즈마를 이용하여 그래핀에 구조적 결함을 생성하고, 그래핀의 변형없이 전기적 특성(전도성 내지 비전도성)을 제어하고 있다. 그러나, 상기 특허 이외에 아직까지 그래핀의 전기적 특성 제어와 이를 응용한 그래핀에 대한 연구결과는 미미한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이에 본 발명의 제 1 목적은 그래핀 소자에 압력, 전압을 인가하여 발생하는 전류를 측정, 비교함으로써 용이하게 압력을 센싱할 수 있는 그래핀 소자의 압력 센싱 방법을 제공하는데 있다.

[0008] 또한 본 발명의 제 2 목적은 가요성 투명 기관 상에 그래핀층을 전사시킴으로써, 압력에 따라 전기적 특성이 변화하는 성질을 이용하여 미세한 압력에 반응하는 센서로 응용이 가능한 그래핀 소자를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기의 제 1 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 그래핀층을 가지는 그래핀 소자를 준비하는 단계, 상기 그래핀 소자에 압력을 인가하는 단계, 상기 압력이 인가된 그래핀 소자의 양 전극에 전압을 인가하고, 전류를 측정하는 단계, 상기 전류의 비교를 통해 상기 압력을 센싱하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한 상기의 제 2 목적을 달성하기 위한 본 발명은 가요성 투명기관, 상기 가요성 투명기관 상에 형성된 그래핀층, 상기 그래핀층 상에 형성된 전극을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 의한 그래핀 소자의 압력 센싱 방법은 가요성 투명기관 상에 그래핀을 전사함으로써, 압력을 가하였을 때 쉽게 변형되는 성질을 이용하여 그래핀의 압력을 센싱할 수 있는 효과가 있다.

[0012] 또한, 이에 사용되는 그래핀 소자는 미세한 힘에도 저항값이 변하는 전기적 특성을 이용하여 스트레인 게이지의 압력센서나 컴퓨터 모니터, 휴대폰, MP3 등의 터치스크린에 사용되는 투명전극으로 응용이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1 내지 도 8은 전기적 특성 측정을 위한 소자의 제작 방법을 도시한 공정도들이다.
- 도 9는 도 1내지 도 8의 방법으로 제조된 그래핀 소자에 압력을 인가하는 방법을 도시한 도면이다.
- 도 10은 압력을 인가하였을 때의 그래핀 소자의 전자빔 현미경(SEM)이미지이다.
- 도 11은 압력 센싱 방법에 사용된 전극이 형성된 그래핀 소자의 평면도이다.
- 도 12는 압력을 인가하였을 시 측정된 그래핀 소자의 압력 곡선이다.
- 도 13은 다수개의 그래핀층을 가진 그래핀 소자의 압력 변화에 따른 전압-전류 특성곡선이다.
- 도 14는 단층의 그래핀층을 가진 그래핀 소자의 압력 변화에 따른 전압-전류 특성 곡선이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0015] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0016] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0017] 도 1 내지 도 8은 전기적 특성 측정을 위한 소자의 제작 방법을 도시한 공정도들이다.

[0018] 도 1을 참조하면, 성장용 기관(100) 상에 금속층(120) 및 그래핀층(140)이 순차적으로 형성된다.

[0019] 상기 성장용 기관(100)은 산화물을 포함함이 바람직하다. 따라서, 실리콘 산화물로 이루어진 단일 기관일 수 있으며, 실리콘 기관 상에 실리콘 산화물이 형성된 특정의 막질과 기관의 조합일 수 있다. 또한, 상기 성장용 기관(100)의 재질은 상기 금속층이 용이하게 형성될 수 있는 물성적/화학적 특성을 가진 것이라면 어느 것이라도 사용가능할 것이다.

[0020] 성장용 기관(100) 상에는 금속층(120)이 구비된다. 상기 금속층(120)은 그래핀층(140)의 성장을 위해 구비되는

것으로 일종의 촉매적 기능을 수행한다. 예컨대, 상기 금속층(120)은 전이금속을 포함한다. 이는 상기 그래핀층(140)이 화학적 기상 증착법을 통해 형성되는 경우, 적용가능한 금속물의 종류이다. 따라서, 상기 금속층(120)은 니켈 또는 구리를 포함할 수 있다.

- [0021] 상기 금속층(120) 상에는 그래핀층(140)이 구비된다. 상기 그래핀층(140)은 다양한 방법으로 형성될 수 있다. 예컨대, 상기 그래핀층(140)은 화학적 기상 증착법을 통해 형성될 수 있다.
- [0022] 화학적 기상 증착법은 고온에서 탄소를 용이하게 흡착하는 전이금속을 촉매층으로 이용하여 그래핀을 합성하는 방법이다. 즉, 촉매층으로 활용할 니켈(Ni) 또는 구리(Cu)를 포함하는 금속층(120)이 형성된 기판 상에 혼합가스를 공급하고, 금속층(120)의 표면으로부터 그래핀층(140)을 형성한다. 예컨대, 반응 챔버 내에서 약 800 내지 1000의 고온에서 메탄 및 수소의 혼합가스를 공급하면, 탄소원자는 촉매인 금속층(120) 상에 흡착한다. 반응 챔버의 온도가 800℃ 미만인 경우, 그래핀층(140)의 성장속도가 매우 느린 단점이 있다. 또한, 1000℃를 상회하는 경우, 하부의 금속층(120)의 물성적 변형에 따라 그래핀층(140)의 성장이 용이하지 못한 단점이 있다. 이후 냉각을 통하여 금속층(120)에 흡착된 탄소원자들을 표면에서 결정화시킴으로서 그래핀 결정구조를 형성한다.
- [0023] 제조예의 일례로서 ICPCVD(Inductively Coupled Plasma Chemical Vapor Deposition)장치를 이용하여 니켈(120)이 증착된 SiO₂/Si기판(100) 상에서 그래핀층(140)을 제조할 수 있다. 금속층(120)으로 사용되는 니켈은 스퍼터링법으로 300~500nm 두께로 상온에서 증착한다. 먼저 성장용 기판(100)을 hot-wall chamber 내에 장입하고, 로터리 진공펌프로 진공을 유지시킨 후, 니켈 표면의 산화를 방지하기 위해 수소가 혼합된 아르곤 가스를 흘려주면서 30분 동안 1000℃ 까지 상승시킨다. 상기 온도에서 10분간 유지한 후 1 torr에서 600W의 플라즈마를 발생시킨다. 이후 아르곤/산소 gas와 더불어 메탄 가스를 공급하여 그래핀층(140)을 성장시킨다.
- [0024] 상기와 같이 화학적 기상 증착법으로 그래핀층(140)을 제작하면 그래핀층(140)의 특성이 우수하고 대량 생산이 가능하다는 이점이 있다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 상기 도 1에서 도시된 그래핀층(140) 상부에 전사용 희생층(160)을 형성한다. 상기 전사용 희생층(160)은 특정의 광원에 대해 반응성을 가지는 고분자 물질로 구성됨이 바람직하다. 예컨대, 전자빔에 대해 반응성을 가지는 PMMA(polymethylmethacrylate)를 포함할 수 있다. PMMA가 사용되는 경우, 스핀 코팅법을 이용하여 도포된다.
- [0026] 도 3을 참조하면, 전자빔 리소그래피를 통해 전사용 희생층(160)을 패터닝한다. 따라서, 상기 도 2에 도시된 전사용 희생층(160)에 비해 패터닝된 전사용 희생층(160)은 그 폭이 감소된 상태로 나타난다.
- [0027] 계속해서 패터닝된 전사용 희생층(160)을 식각 마스크로 사용하여 산소 플라즈마 식각을 통하여 하부의 그래핀층(140)을 식각한다. 따라서, 전사용 희생층(160)에 상응하는 부분의 그래핀은 하부에 잔류한다. 전자빔 리소그래피 공정은 높은 안정도를 갖는 전자 광학계와 진공중의 레이저 측정에 의하여 빔 편향계의 자기교정이 가능하며, 미세한 패턴 형성이 가능한 이점을 가진다.
- [0028] 도 4를 참조하면, 상기 도 3에 도시된 전사용 희생층(160)은 제거된다. 상기 전사용 희생층(160)의 제거는 다양한 방법을 통해 수행된다. 예컨대, PMMA가 사용되는 경우, 아세톤이 제거용액으로 사용된다. 전사용 희생층(160)의 제거에 의해 패터닝된 그래핀층의 상부 표면은 노출된다.
- [0029] 도 5를 참조하면, 노출된 그래핀층(140) 상에 가요성 투명기판(180)이 도입된다. 상기 가요성 투명기판(180)은 다양한 재질로 구성될 수 있다. 예컨대, 상기 고분자 물질이 가요성 투명기판(180)으로 사용될 수 있는바, PDMS(polydimethylsiloxane) 등이 일례로 사용될 수 있다. 즉, 투명하고 유연성이 있는 고분자 물질이라면 가요성 투명기판(180)으로 사용될 수 있으므로, PET(polyethylene terephthalate), PVDF(polyvinylidene fluoride) 등의 물질도 가능하다.
- [0030] PDMS로 가요성 투명기판(180)이 사용되는 경우, 높은 접착력을 가지므로, 이를 그래핀층(140)에 용이하게 접착된다.
- [0031] 도 6을 참조하면, 상기 도 5에 도시된 구조물에서 금속층(120)이 제거된다. 금속층(120)의 제거는 식각용액의 도입에 의해 달성된다. 다만, 금속층(120)의 재질에 따라 식각용액은 다양하게 선택될 수 있다. 예컨대, 금속층(120)이 니켈을 포함하는 경우, 염화제이철(FeCl₃) 용액이 식각용액으로 사용된다.
- [0032] 도 7을 참조하면, 상기 도 6을 통해 금속층(120)이 제거된 가요성 투명기판(180)상의 그래핀층(140)에 전극(220)을 형성한다.

- [0033] 이는 그래핀층(140)에 전압을 인가하여, 전류를 측정하기 위함이다. 전극은 전류를 유입 또는 유출시킬 수 있는 것이라면 다양한 재료를 사용하여 형성할 수 있으며, 다양한 전극 형성 방법을 사용할 수 있다.
- [0034] 제조예의 일례로서, 금속인 크롬/금을 전극으로 사용하는 경우, 패턴 마스크를 이용하여 열증착하여 전극을 형성할 수 있다. 이 때 열증착하는 과정에서 마스크 패턴을 이용하여 반경 30, 50, 100 마이크로 미터(μm)의 다양한 크기로 증착이 가능하다.
- [0035] 도 8을 참조하면, 상기의 공정을 통해 그래핀 소자(300)가 완성된다. 완성된 그래핀 소자(300)는 가요성 투명기판(180), 그래핀층(140), 전극(220)이 순차적으로 형성된 구조를 가진다.
- [0036] 한편, 도 9는 상기의 방법으로 제조된 그래핀 소자(300)에 압력을 인가하는 방법을 도시한 도면이다. 그래핀 소자(300)에 압력을 인가하는 방법에는 다양한 방법이 사용될 수 있다.
- [0037] 도 9를 참조하면, 압력인가수단(240)은 예컨대, 전기적 신호를 전달하는 탐침 중에서도 고강도와 저마멸 특성을 가지는 텅스텐 팁을 이용하여 그래핀 소자(300)의 표면 상에 수직방향으로 누르는 힘을 작용시킨다. 그래핀 소자(300)의 그래핀층(140) 상에 전극(220)을 형성하여 전류가 흘러나갈 수 있도록 제작하였으며, 탐침에 의해 눌러진 그래핀 소자(300)의 특성을 측정할 수 있다. 그래핀층(140) 전극(220) 양단에는 전원 공급기(DC Supply)를 설치하여 $-5\text{V} \sim 5\text{V}$ 의 범위의 전압을 가하며 그래핀 소자(300)의 전류의 흐름을 측정하며, 각 전압을 가할 시의 전류를 비교함으로써 압력을 센싱한다.
- [0038] 도 10은 전압을 인가하는 하나의 방법으로 매니플레이터(manipulator)를 이용하여 탐침으로 그래핀 소자(300)의 표면을 수직방향의 힘이 작용하도록 눌렀을 때의 전자빔 현미경(SEM)이미지이다.
- [0039] 도 10을 참조하면, 탐침(340)으로 그래핀 소자(300)의 표면을 수직으로 눌렀을 때, 즉 압력을 인가하였을 때 그래핀 소자(300)가 용이하게 변형되는 것을 확인할 수 있다.
- [0040] 상기와 같이 그래핀 소자(300)는 가요성 투명 기판(180)상에 형성되어 있어, 상기와 같은 탐침으로 누르는 것처럼 국소적인 압력을 인가하였을 때 변형이 쉽게 일어난다. 이에 전압을 인가하여 전압인가시의 전류를 측정함으로써, 전류의 비교를 통하여 압력을 센싱할 수 있다. 따라서 용이하게 압력의 센싱이 가능하다.
- [0041] 도 11은 압력 센싱 방법에 사용된 전극(220)이 형성된 그래핀 소자(300)의 평면도를 나타내는 도면이다.
- [0042] 도 11을 참조하면, 그래핀 소자(300)는 압력인가수단(240)으로 탐침을 사용하는 경우와 같이 국소적인 압력을 인가하는 것에 의한 그래핀 소자(300)의 변형을 고려하여 전극(220)은 원형 형태로 제작한다. 예컨대, 국소적인 압력이 그래핀 소자(300)의 중심부위에 인가되는 경우, 중심부위로부터 전극(220)이 동일한 거리에 배치되도록 하여, 전압측정의 정밀도를 향상시킨다. 즉, 국소적인 압력에 비례하여 전압의 변동량이 선형적으로 발생되도록 그래핀 소자(300)의 중심을 향해 상기 전극(220)은 원형의 모양을 가지도록 형성된다. 이를 통해 국소적인 압력이 인가되는 경우와 인가되지 않는 경우의 전압차의 구별이 용이해진다. 흰색으로 표시된 부분이 전극(220)이며, 점선으로 표시된 부분이 그래핀층(140)이 위치한 부분이다. 그래핀 소자(300)의 크기는 반경 약 100 마이크로 미터이다. 상기 그래핀 소자(300)에 전압, 전류가 인가될 수 있도록 전극(220)을 형성하고 직류전압발생기를 각각 +, - 로 전압인가수단(240)과 전극(220)에 연결하였다. 또한 전류-전압 측정은 전자빔 현미경을 이용하여 접촉이 간단한 2단자법으로 하였다.
- [0043] [측정예]
- [0044] 한편, 도 12는 매니플레이터를 이용하여 압력인가수단(240)으로 압력을 인가하였을 시 측정된 압력 곡선이다.
- [0045] 도 12를 참조하면, 그래핀 소자(300)는 국소적인 압력이 발생된 부위를 가로질러 약 1 마이크로미터의 변형이 발생한 경우에 인가되는 힘은 약 9^{-4}N 로 측정된다. 이는 미세한 힘의 인가에 의해 그래핀 소자(300)의 변형이 용이하게 발생되고, 이를 통해 미세한 압력에 반응하는 센서로 응용이 가능함을 알 수 있다.
- [0046] 또한, 도 13은 다수개의 그래핀층(140)을 가진 그래핀 소자(300)가 압력을 받으면서 변형되었을 때 측정된 전압-전류 특성곡선이다.
- [0047] 도 13을 참조하면, 압력이 점점 더 인가됨에 따라 두 전극 사이에 흐르는 전류가 감소하는 경향을 보임을 알 수 있으며, 옴의 법칙에 의해 전류와 저항은 반비례의 관계에 있으므로, 이를 통해 그래핀 소자(300)의 저항이 증가함을 알 수 있다.
- [0048] 도 14는 단층의 그래핀층(140)을 가진 그래핀 소자(300)가 압력을 받으면서 변형되었을 때 측정된 전압-전류 특

성 곡선이다.

[0049] 도 14을 참조하면, 도 13과 비교하여 다수개의 그래핀층을 가진 그래핀 소자(300)의 경우보다 압력에 대해 견디는 정도가 약하지만 역시 저항이 증가함을 알 수 있다.

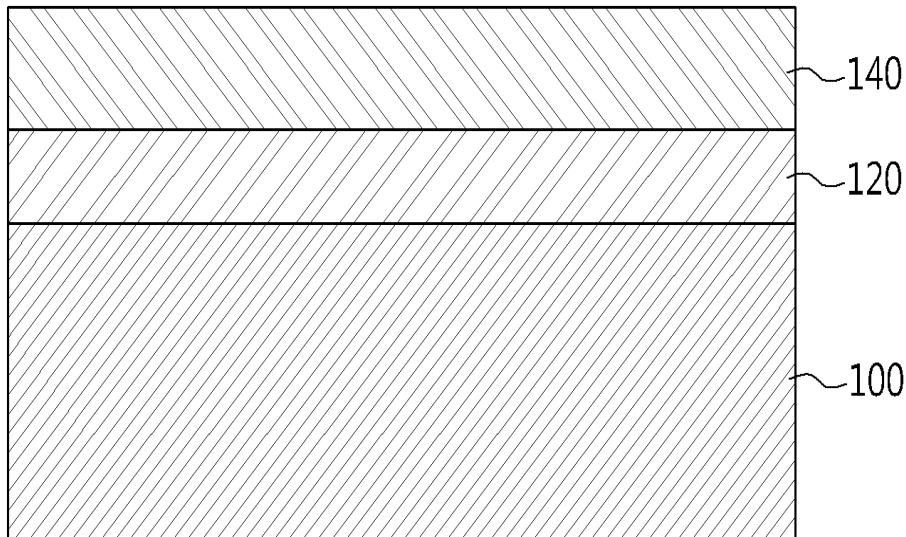
[0050] 상기와 같이, 가요성 투명기관(180)상에 그래핀층(140)을 전사한 그래핀 소자(300)에 압력을 인가함에 따라 저항이 변화하는 특성을 이용하여, 미세한 압력에 반응하는 스트레인 게이지 압력센서나 터치스크린의 투명전극으로 응용이 가능한 효과가 있다.

부호의 설명

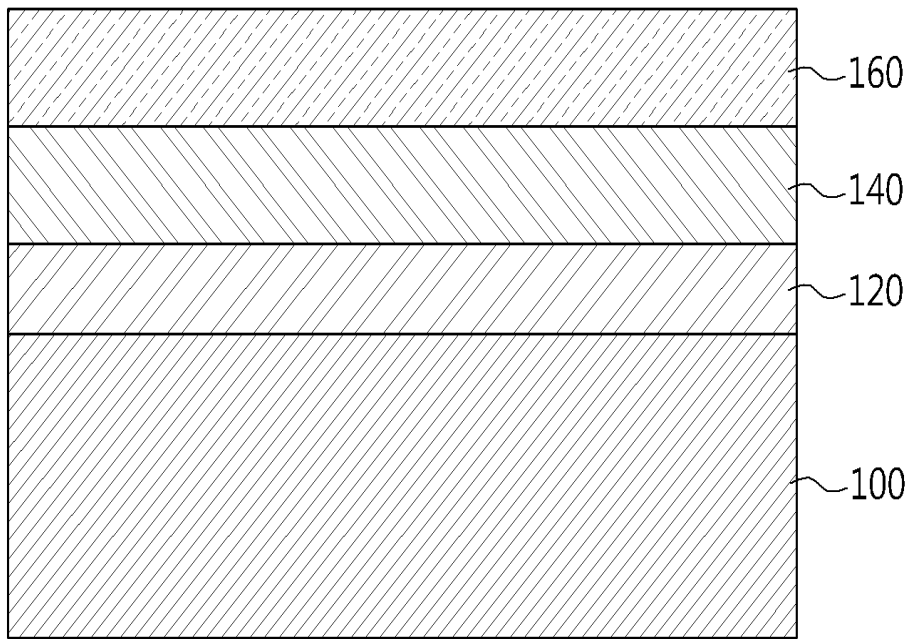
- [0051] 100 : 성장용 기관
- 120 : 금속층
- 140 : 그래핀층
- 160 : 전사용 희생층
- 180 : 가요성 투명기관
- 200 : 패턴 마스크
- 220 : 전극
- 240 : 압력인가수단
- 300 : 그래핀 소자

도면

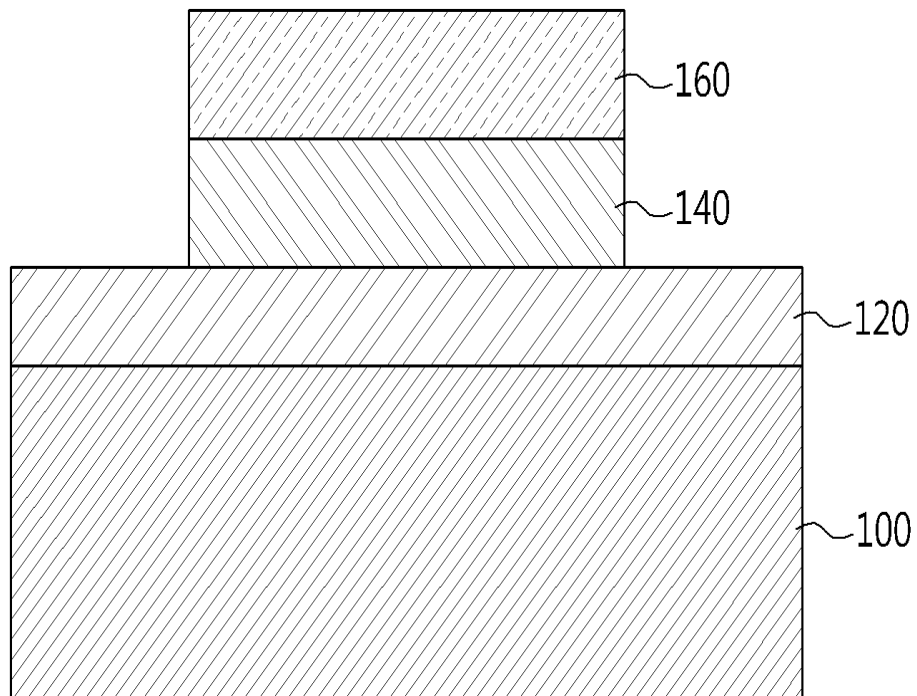
도면1



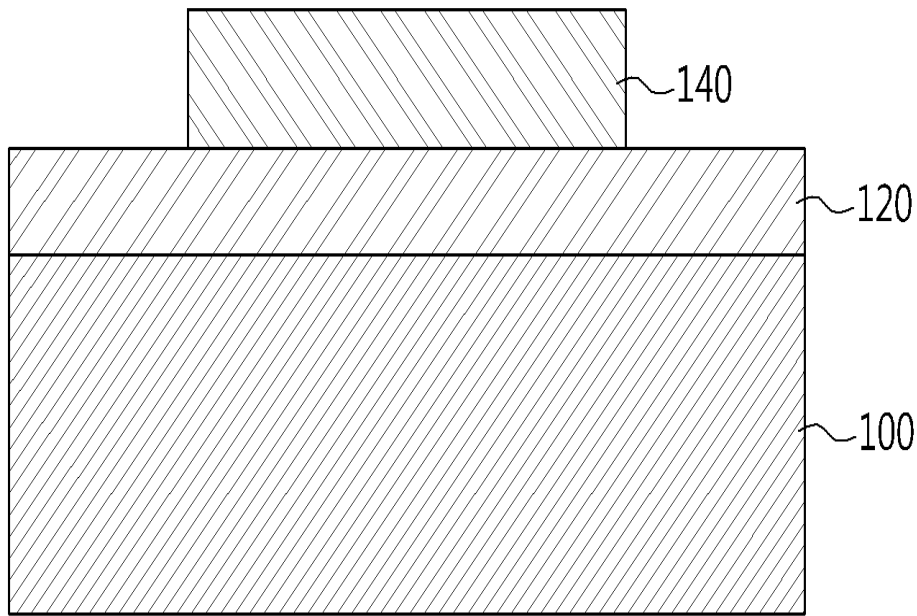
도면2



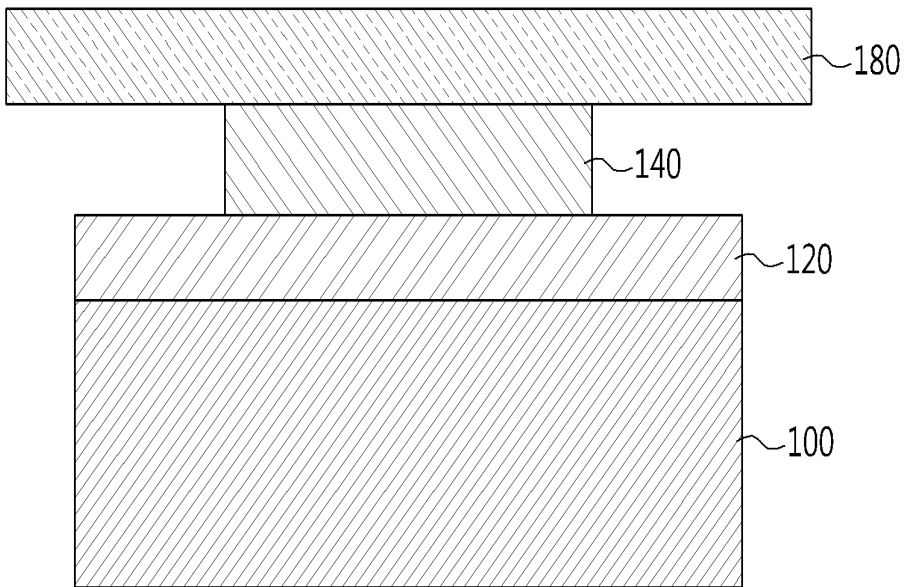
도면3



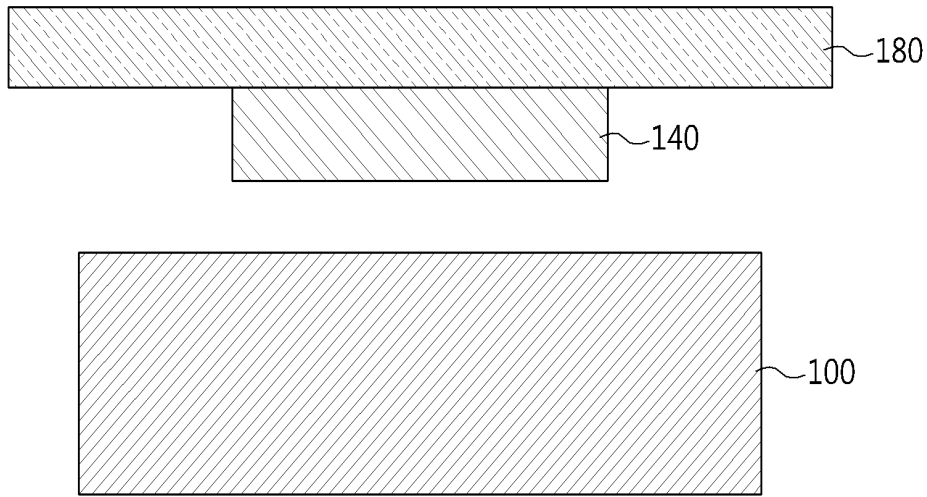
도면4



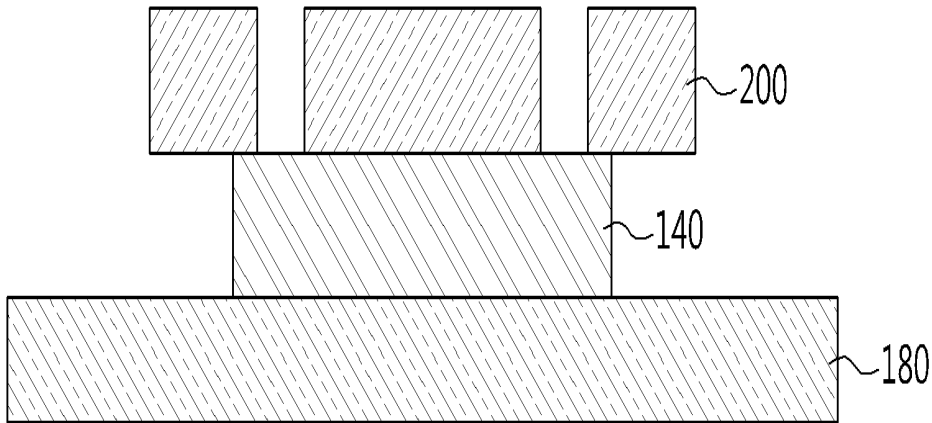
도면5



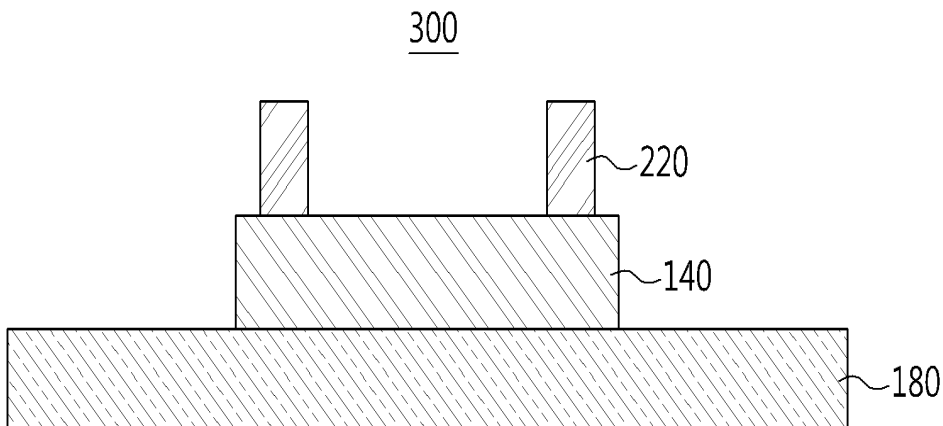
도면6



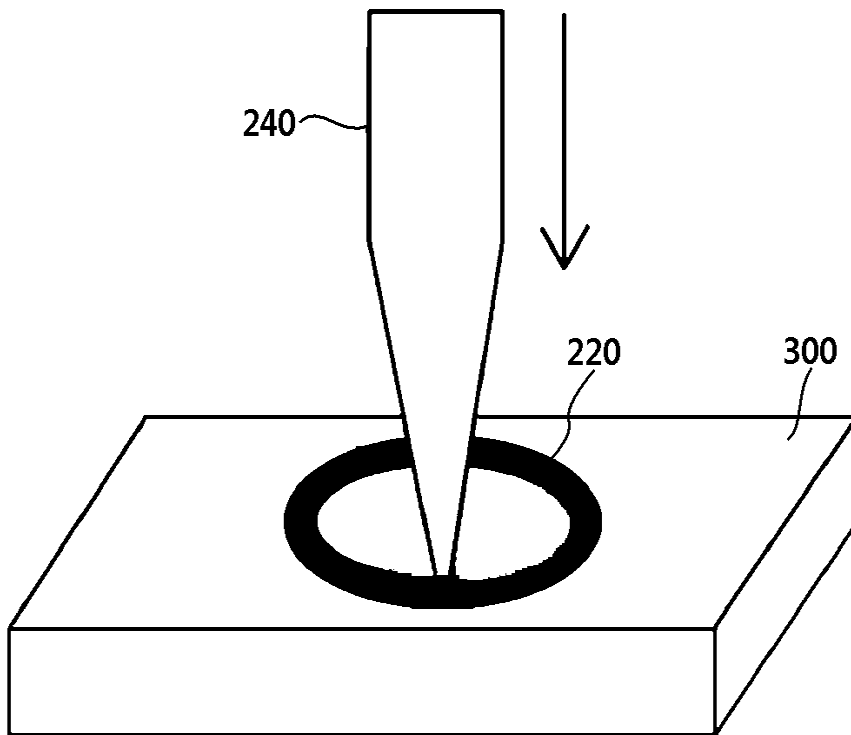
도면7



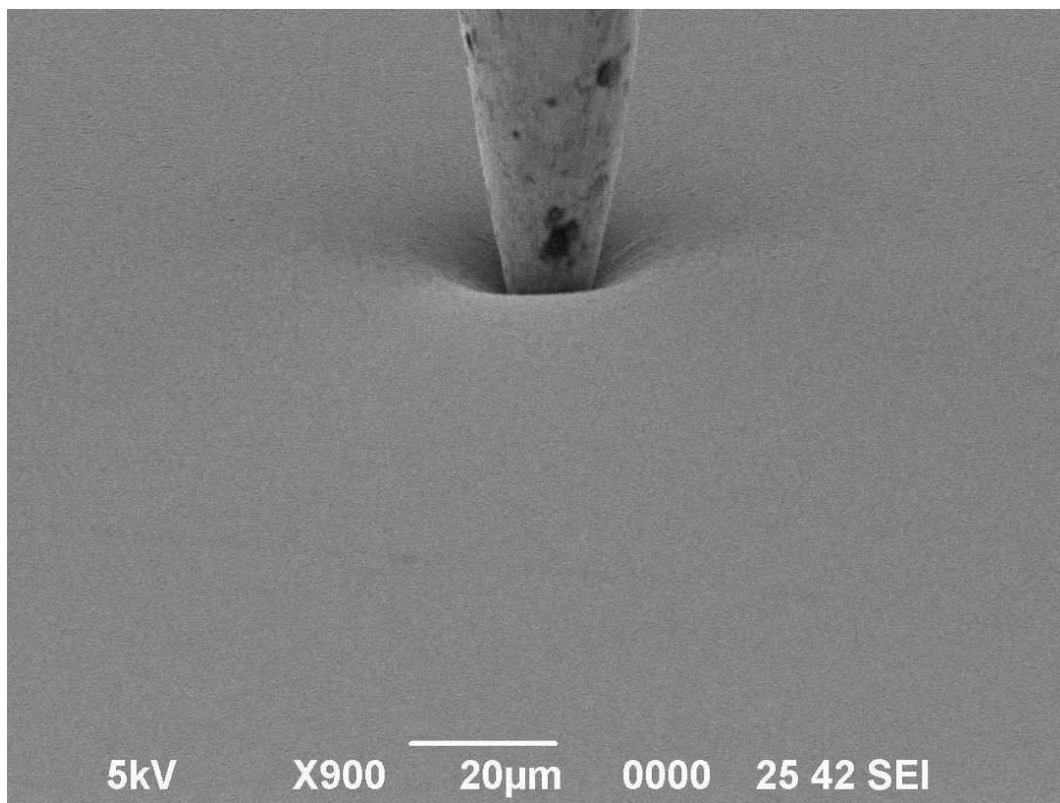
도면8



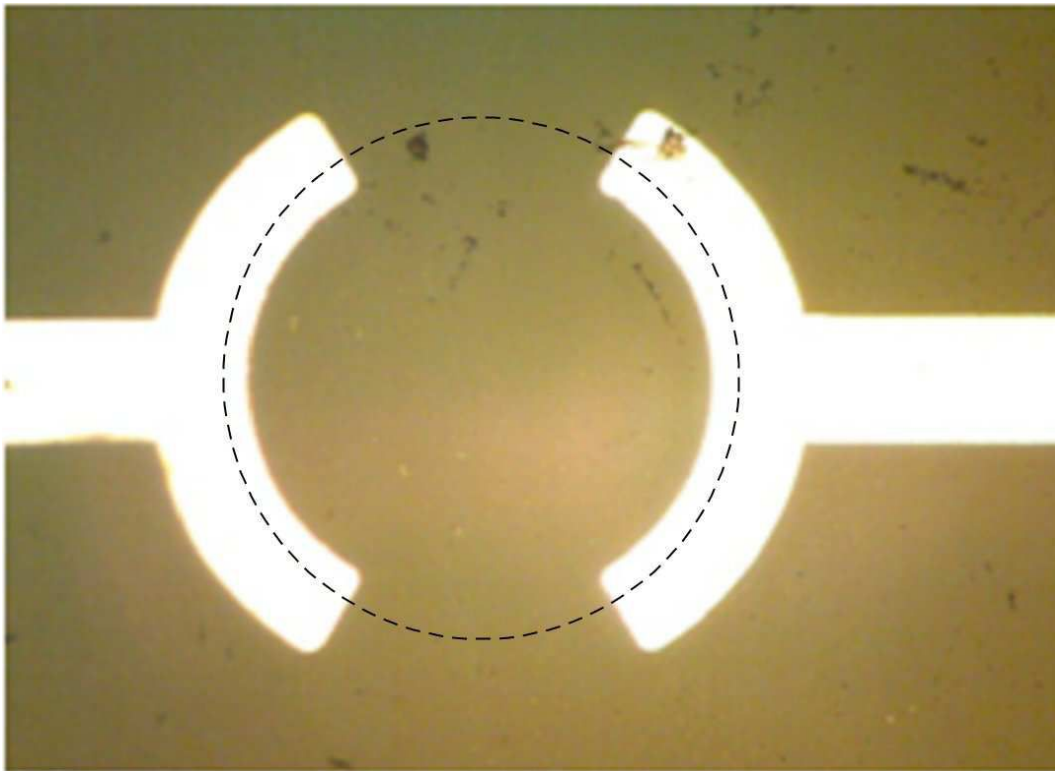
도면9



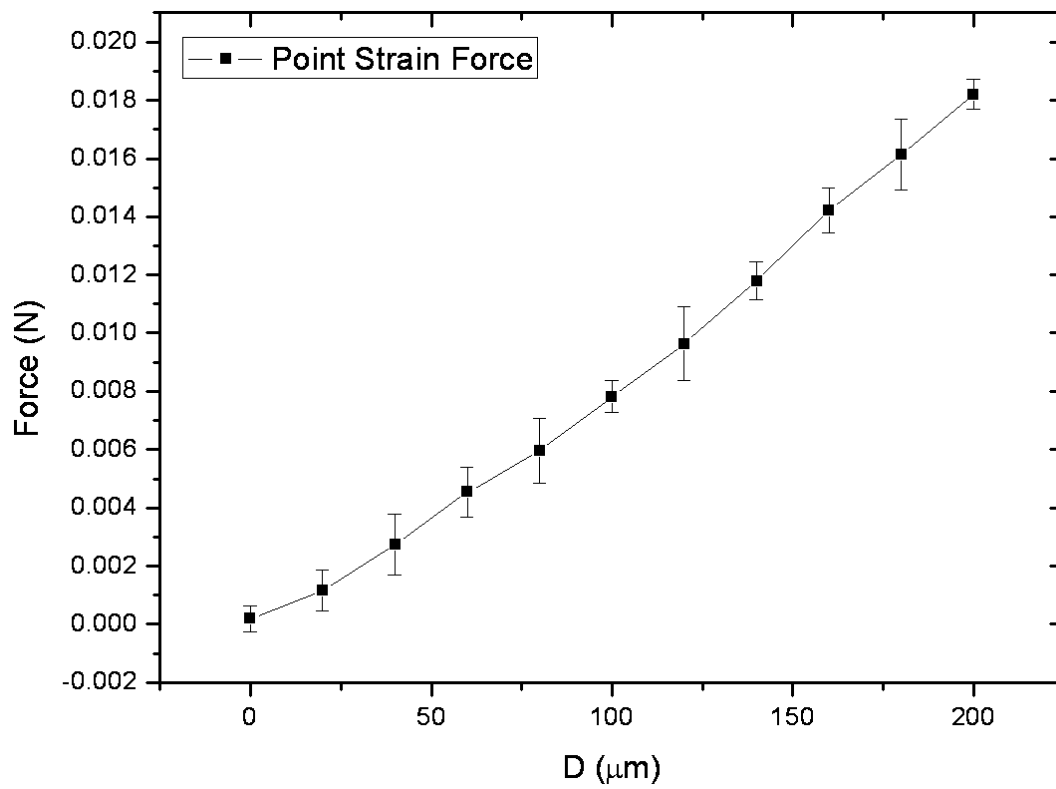
도면10



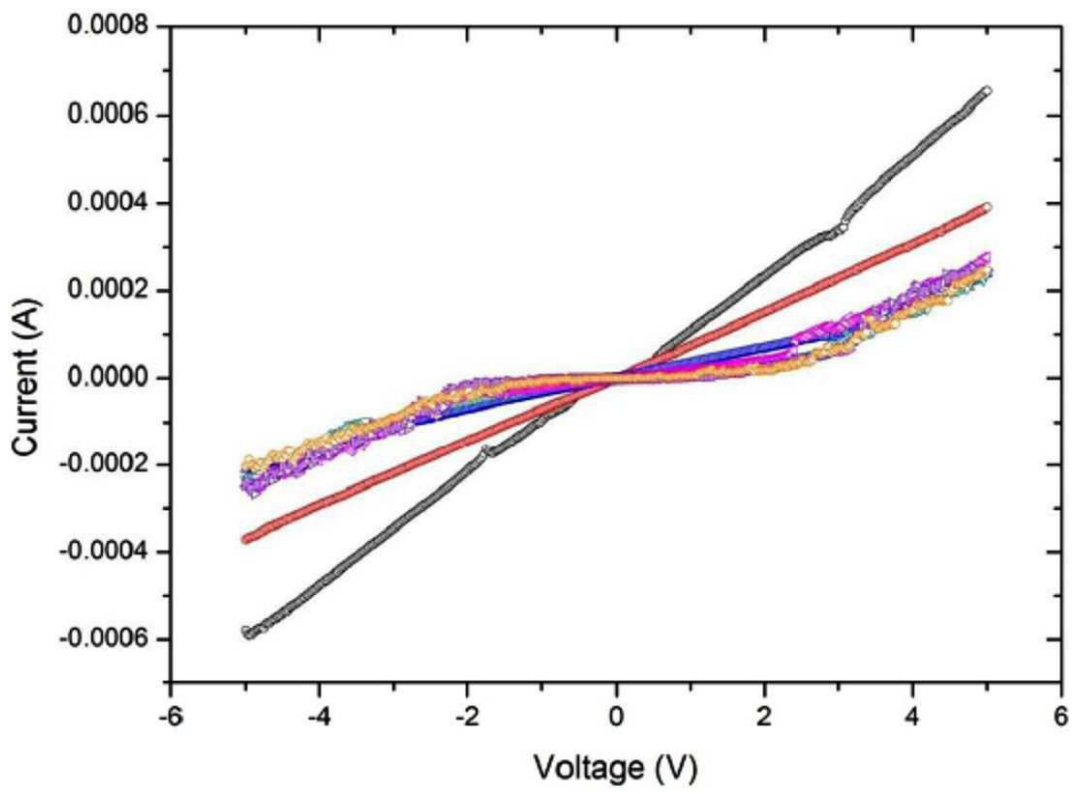
도면11



도면12



도면13



도면14

