



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년01월16일
(11) 등록번호 10-1222639
(24) 등록일자 2013년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05B 3/84 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0012754
(22) 출원일자 2011년02월14일
심사청구일자 2011년02월14일
(65) 공개번호 10-2011-0093735
(43) 공개일자 2011년08월18일
(30) 우선권주장
1020100013305 2010년02월12일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090113758 A
KR1020100004399 A
KR1020070099344 A
KR1020070081789 A

(73) 특허권자
성균관대학교산학협력단
경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교
내 (천천동)
(72) 발명자
김영진
서울특별시 강남구 언주로30길 57, 타워팰리스 E
동 2506호 (도곡동)
홍병희
서울특별시 강남구 봉은사로72길 18, 202호 (삼성
동)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 27 항

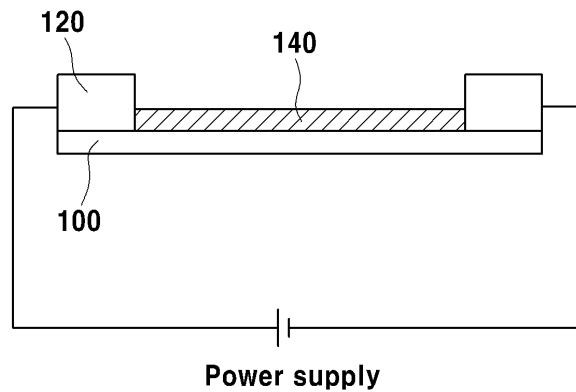
심사관 : 고상호

(54) 발명의 명칭 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본원은 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체 및 그의 제조 방법에 관한 것으로서, 상기 발열체는 유연성 투명 기재; 상기 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 형성되는 그래핀(graphene) 층; 및, 상기 그래핀 층과 연결되는 전극:을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자
최재봉
 경기도 용인시 수지구 신봉1로 112-2, LG빌리지5차
 아파트 514동 102호 (신봉동)
안중현
 경기도 수원시 팔달구 권광로 246, 101동 1602호
 (인계동, 래미안 노블클래스)
강준모
 경기도 수원시 장안구 덕영대로445번길 61, 101호
 (율전동)

김형근
 경기도 화성시 팔탄면 고주골길 46
배수강
 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교
 제2종합연구동 83510호 (천천동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 2009-0000000
 부처명 지식경제부
 연구사업명 산학협력중심대학육성사업
 연구과제명 Graphene 나노 복합구조체를 이용한 휴대전화용 key-pad 설계 기초연구
 주관기관 성균관대학교산학협력단
 연구기간 2009.08.01 ~ 2010.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 2009-0093248
 부처명 교육과학기술부
 연구사업명 선도연구센터육성사업
 연구과제명 변환형 소자 구현을 위한 공정 및 집적화 기술 연구
 주관기관 성균관대학교산학협력단
 연구기간 2009.09.01 ~ 2010.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

유연성 투명 기재;

상기 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 형성되는 그래핀(graphene) 층; 및

상기 그래핀 층과 연결되는 전극;

을 포함하는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전극을 통하여 전원 인가 시 상기 그래핀 층에서 열이 발생하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 유연성 투명 기재 및 상기 그래핀 층 사이에 금속층을 추가 포함하는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 금속층은 Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, 황동(brass), 청동(bronze), 백동, 스테인레스 스틸(stainless steel) 및 Ge 로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 금속 또는 합금을 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 전극은 상기 그래핀 층의 말단, 상기 그래핀 층의 상부, 또는 상기 그래핀 층의 하부에 형성되는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 전극은 한 쌍 이상인 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 전극은 투명 전극인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 전극은 ITO, 그래핀, 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)를 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 전극은 미세 구조로 패터닝된 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 유연성 투명 기체는 유리(glass) 또는 고분자를 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 그래핀 층은 단일층 또는 복수층의 그래핀을 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 그래핀 층은 도펀트를 사용하여 도핑된 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 도펀트는 유기계 도펀트 또는 무기계 도펀트를 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 도펀트는 이온성 액체, 이온성 기체, 산류 화합물, 유기 분자계 화합물, 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 도펀트는 NO_2BF_4 , NOBF_4 , NO_2SbF_6 , HCl , H_2PO_4 , H_3CCOOH , H_2SO_4 , HNO_3 , PVDF, 나피온(Nafion), AuCl_3 , SOCl_2 ,

Br₂, CH₃NO₂, 디클로로디시아노퀴논, 옥손, 디미리스토일포스파티딜이노시톨, 트리플루오로메탄술폰이미드 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 16

제 1 항에 있어서,
상기 전극 및 상기 그래핀 층 상에 형성되는 보호층을 추가 포함하는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 17

제 16 항에 있어서,
상기 보호층은 유연성 투명 물질로 형성된 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체.

청구항 18

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 따른 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 복수 개를 직렬 또는 병렬로 연결하여 형성되는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체 시스템.

청구항 19

유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 그래핀(graphene) 층을 형성하고;
상기 그래핀 층과 연결되는 한 쌍 이상의 전극을 형성하는 것;
을 포함하는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,
상기 전극 및 상기 그래핀 층 상에 보호층을 형성하는 것을 추가 포함하는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

청구항 21

제 19 항에 있어서,
상기 전극은 미세 구조로 패터닝된 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

청구항 22

제 19 항에 있어서,
상기 그래핀 층은 금속 촉매 상에서 탄소 소스를 포함하는 반응 가스 및 열을 제공하여 반응시킴으로써 형성된 그래핀 층을 상기 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 전사함으로써 형성된 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

청구항 23

제 19 항에 있어서,

상기 유연성 투명 기재 상에 그래핀 층을 형성하기 전 또는 후에, 상기 유연성 투명 기재 상에 금속층을 형성하는 것을 추가 포함하는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

청구항 24

제 19 항에 있어서,

상기 전극은 상기 그래핀 층의 말단, 상기 그래핀 층의 상부, 또는 상기 그래핀 층의 하부에 형성되는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

청구항 25

제 19 항에 있어서,

상기 그래핀 층은 단일층 또는 복수층의 그래핀을 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

청구항 26

제 19 항에 있어서,

상기 전극은 투명 전극인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

청구항 27

제 19 항에 있어서,

상기 전극은 ITO, 그래핀, 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)를 포함하는 것인, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본원은 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 그래핀 층이 형성된 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 발열체란 전기에너지를 열에너지로 바꾸어 그 열을 외부로 복사하여 에너지를 전달하는 물체를 말하며, 이러한 발열체는 각종 가전제품 또는 산업 분야 전반에 걸쳐 널리 이용되고 있다.

[0003] 발열체는 그 재질에 따라 크게 금속발열체, 비금속발열체, 기타발열체로 나눌 수 있다. 초기에 주류를 이루었던 금속발열체의 재료는 Fe-Cr-Al계, Ni-Cr계, 그리고 고용점 금속(백금, Mo, W, Ta 등)계 등이 있으며, 이후 사용된 비금속발열체로는 탄화규소, 몰리브덴 실리사이드, 란탄 크로마이트, 카본, 지르코니아 등이 이용된다. 또한, 기타 발열체로는 세라믹스 재질, 탄산바륨, 후막 저항(thick film resistor) 등이 이용된다.

[0004] 또한, 발열체는 그 외적 형태에 따라 흔히 열선이라고 일컫는 선형의 발열체와 면상 발열체로 나눌 수 있으며, 선형의 발열체의 대표적인 예로 필라멘트와 니크롬선을 들 수 있다. 또한, 면상 발열체란 얇은 면상의 전도성 발열체 위에 금속 전극을 양끝에 설치한 후 절연재로 절연 처리하여 면 전체에서 발열하는 발열체를

충칭하는데, 금속 박판을 이용한 것, 발열 도료(카본블랙)를 이용한 것, 탄소섬유를 이용한 것 등이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 이에, 본원은 발열 효율이 향상된, 그래핀을 이용한 대면적의 유연성 투명 발열체 및 이의 제조 방법을 제공하고자 한다.
- [0006] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본원의 일 측면은, 유연성 투명 기재; 상기 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 형성되는 그래핀(graphene) 층; 및 상기 그래핀 층과 연결되는 전극: 을 포함하는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체를 제공한다. 상기 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체는 상기 전극을 통하여 전원인가 시 상기 그래핀 층에서 열이 발생하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0008] 일 구현예에 있어서, 상기 유연성 투명 기재 및 상기 그래핀 층 사이에 금속층을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예시적 구현예에서, 상기 금속층은 Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, 황동(brass), 청동(bronze), 백동, 스테인레스 스틸(stainless steel) 및 Ge 로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 금속 또는 합금을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0009] 다른 구현예에서, 상기 전극은 상기 그래핀 층의 말단, 또는 상기 그래핀 층의 상부, 또는 상기 그래핀 층의 하부에 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예시적 구현예에 있어서, 상기 전극은 상기 그래핀 층의 양 말단, 또는 상기 그래핀 층의 상부 및/또는 하부에 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 전극이 상기 그래핀 층의 상부 및/또는 하부에 형성되는 경우, 상기 유연성 투명 기재와 상기 그래핀 층 사이에 상기 전극이 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0010] 또 다른 구현예에서, 상기 전극은 한 쌍 이상인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0011] 또 다른 구현예에서, 상기 전극은 투명 전극일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0012] 또 다른 구현예에서, 상기 전극은 ITO, 그래핀, 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0013] 또 다른 구현예에서, 상기 전극은 미세 구조로 패턴닝된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 전극은 ITO, 그래핀, 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)를 포함하여 형성되는 투명 전극일 수 있으며, 특히, 상기 전극이 그래핀을 포함하는 것인 경우, 상기한 바와 같이, 전극 형성을 위한 그래핀의 미세 패턴 구조를 형성하여 그래핀 전극을 형성한 후 그래핀 층을 전사함으로써 상기 발열체를 그래핀 일체형으로 제조할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0014] 또 다른 구현예에서, 상기 유연성 투명 기재는 유리(glass) 또는 고분자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 고분자의 비제한적인 예시로, 상기 고분자는 PET(Polyethylene Terephthalate), PMMA[poly(methyl methacrylate)], PVDF[Poly(vinylidene fluoride)], PANI(polyaniline), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0015] 또 다른 구현예에서, 상기 그래핀 층은 단일층 또는 복수층의 그래핀을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0016] 또 다른 구현예에서, 상기 그래핀 층은 도펀트를 사용하여 도핑된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예시적 구현예에서, 상기 도펀트는 유기계 도펀트 또는 무기계 도펀트를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예시적 구현예에서, 상기 도펀트는 이온성 액체, 이온성 기체, 산류 화합물, 유기 분자계 화합물, 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예시적 구현예에서, 상기 도펀트는 NO₂BF₄, NOBF₄, NO₂SbF₆, HCl, H₂PO₄, H₃CCOOH, H₂SO₄, HNO₃, PVDF, 나피온(Nafion), AuCl₃, SOCl₂, Br₂, CH₃NO₂, 디클로로디시아노퀸논, 옥손, 디미리스토일포스파티딜이노시톨, 트리플루오로메탄술폰이미드 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있

으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0017] 또 다른 구현예에서, 상기 전극 및 상기 그래핀 층 상에 형성되는 보호층을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예시적 구현예에서, 상기 보호층은 유연성 투명 물질로 형성된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0018] 본원의 다른 측면은, 상기 언급한 본원의 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 복수 개를 직렬 또는 병렬로 연결하여 형성되는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체 시스템을 제공한다.
- [0019] 본원의 또 다른 측면은, 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 그래핀(graphene) 층을 형성하고; 상기 그래핀 층과 연결되는 한 쌍 이상의 전극을 형성하는 것: 을 포함하는, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 방법을 제공한다.
- [0020] 일 구현예에서, 상기 전극 및 상기 그래핀 층 상에 보호층을 형성하는 것을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0021] 다른 구현예에서, 상기 전극은 미세 구조로 패턴닝된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0022] 또 다른 구현예에서, 상기 그래핀 층은 금속 촉매 상에서 탄소 소스를 포함하는 반응 가스 및 열을 제공하여 반응시킴으로써 형성된 그래핀 층을 상기 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 전사함으로써 형성된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0023] 또 다른 구현예에서, 상기 유연성 투명 기재 상에 그래핀 층을 형성하기 전 또는 후에, 상기 유연성 투명 기재 상에 금속층을 형성하는 것을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0024] 또 다른 구현예에서, 상기 전극은 상기 그래핀 층의 말단, 또는 상기 그래핀 층의 상부, 또는 상기 그래핀 층의 하부에 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예시적 구현예에 있어서, 상기 전극은 상기 그래핀 층의 양 말단, 또는 상기 그래핀 층의 상부 및/또는 하부에 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0025] 또 다른 구현예에서, 상기 그래핀 층은 단일층 또는 복수층의 그래핀을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 또 다른 구현예에서, 상기 전극은 투명 전극일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 또 다른 구현예에서, 상기 전극은 ITO, 그래핀, 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0028] 상기 본원에 따른 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체 시스템 및 상기 유연성 투명 발열체의 제조 방법에 대하여, 상기 본원에 다른 유연성 투명 발열체에 대하여 기재된 내용을 모두 적용할 수 있으며, 편의상 중복기재를 생략한다.

발명의 효과

- [0029] 본원은, 종래 발열체로 사용되던 금속, 비금속 물질이 아닌 그래핀을 발열체로 사용하여 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체를 제조함으로써 전기적, 기계적 특성이 향상된 유연성 투명 발열체를 제공할 수 있다. 또한, 본원의 상기 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체는 그래핀의 화학적, 물리적 및 구조적 개선을 통하여 발열 효율 및 방열 효율을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라, 그래핀 층 수를 달리하여 발열체의 투명도를 조절함으로써 유연성 투명 발열체를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 단면도이다.
- 도 2는 본원의 일 구현예에 따른 금속층이 추가 형성된, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 단면도이다.
- 도 3은 본원의 일 구현예에 따른 금속 페이스트층이 추가 형성된, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 단면도이다.
- 도 4는 본원의 일 구현예에 따른 보호층이 추가 형성된, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 단면도이다.
- 도 5는 본원의 일 구현예에 따른 그래핀 층 전면에 투명 전극이 형성된, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 단면도이다.

단면도이다.

도 6은 본원의 일 구현예에 따른 유연성 투명 기관의 양면에 그래핀 층이 형성된, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 단면도이다.

도 7은 본원의 일 실시예에 따른 유연성 투명 기관의 양면에 그래핀 층이 형성된, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 사시도이다.

도 8은 본원의 일 구현예에 따른 미세 구조로 패턴된 전극을 포함하는 유연성 투명 발열체의 개략도이다.

도 9는 본원의 일 구현예에 따른 전극을 미세 구조로 패턴하는 공정을 설명하는 개략도이다.

도 10은 본원의 일 구현예에 따른 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 공정에 대한 개략도이다.

도 11은 본원의 일 구현예에 따른 대면적 그래핀 필름을 목적 기관 상에 전사하는 공정 및 이와 관련한 전사 장치를 보여 주는 도식도이다.

도 12는 본원의 일 실시예에 따라 제조된 대면적 그래핀 필름의 사진 및 이의 열화상 사진이다.

도 13은 본원의 일 실시예에 따라 5 층의 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 열화상 사진(도 13a), 열분포 곡선(도 13b) 및 상기 발열체 표면에 발생하는 열분포 지수(도 13c)를 나타내는 그래프이다.

도 14는 본원의 다른 실시예에 따라 6 층의 도핑 처리된 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 열화상 사진(도 14a), 열분포 곡선(도 14b) 및 상기 발열체 표면에 발생하는 열분포 지수(도 14c)를 나타내는 그래프이다.

도 15는 본원의 일 실시예에 따른 다양한 토펀트로 도핑된 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 시간에 따른 온도 변화를 보여 주는 그래프이다.

도 16은 본원의 일 실시예에 따라 5 층 및 6층으로 적층되고, 도핑된 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 시간에 따른 온도 변화를 보여 주는 그래프이다.

도 17은 본원의 일 실시예에 따른 그래핀 층의 수를 달리하여 형성된 유연성 투명 발열체의 저항 및 온도 변화를 나타내는 그래프이다.

도 18은 본원의 다른 실시예에 따른 그래핀 층의 수를 달리하여 형성된 유연성 투명 발열체의 저항 및 온도 변화를 나타내는 그래프이다.

도 19는 본원의 일 실시예에 따른 금속층의 두께를 달리하여 형성된 유연성 투명 발열체의 시간에 따른 온도 변화를 나타내는 그래프이다.

도 20은 본원의 본원의 일 실시예에 따른 그래핀의 적층수를 달리하여 투과도의 변화를 관찰한 그래프이다.

도 21은 본원의 일 실시예에 따른 금속층의 두께를 달리하여 투과도의 변화를 관찰한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.

[0032] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0033] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0034] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.

- [0035] 도 1 내지 도 6은 본원의 다양한 구현예에 따라 형성된, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 단면도이다.
- [0036] 보다 구체적으로, 도 1을 참조하면, 본원의 일 구현예에 따른 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체는, 유연성 투명 기재(100); 상기 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 형성되는 그래핀(graphene) 층(140); 및, 상기 그래핀 층과 연결되는 전극(120): 을 포함한다. 상기 그래핀 층은 상기 유연성 투명 기재의 하나 이상의 면에 형성되어 있는 형태라면, 그 위치에 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 상기 그래핀 층은, 도 1 내지 도 4에 서와 같이, 상기 유연성 투명 기재의 상측면의 일 부분에 형성되고 상기 유연성 투명 기재의 나머지 부분에는 상기 전극이 형성되어 있는 형태일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 또한, 도 5에서와 같이, 예를 들어, 상 기 그래핀 층은, 상기 유연성 투명 기재의 상측면 전체에 위치할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 또한, 상 기 발열체의 열효율을 증가시키 위하여, 상기 그래핀 층은 상기 유연성 투명 기재의 상측면 및 하측면에 동시에 형성될 수 있다. 이 경우, 그래핀으로부터 방출되는 열이 앞, 뒷면으로부터 동시에 발생되므로, 단위 면적당 발생하는 열을 증가시킬 수 있다.
- [0037] 또한, 도 2에서와 같이, 상기 유연성 투명 기재(100) 상에 금속층(130)을 추가로 형성할 수 있으며, 상기 금속 층(130)은 상기 유연성 투명 기재(100) 전면 또는 일부 영역 상에 형성할 수 있다. 상기 금속층은 적은 수의 그래핀 층이 상기 유연성 투명 기재 상으로 전사되더라도 양 전극(120) 사이에 전류를 보다 용이하게 흐를 수 있도록 하여 발열 효율 및 방열 효율을 향상시킬 수 있으며, 표면적을 증가시키고 표면 저항(또는 시트 저항)을 감소시켜 더 높은 열을 발생시키고 발생된 열이 보다 빠르게 방출될 수 있다. 또한, 코팅되는 금속의 종류에 따라 자연적인 산화의 효과도 기대되므로, 제품에 응용될 경우 투명도를 적절히 유지하면서 심미적인 효과를 볼 리울 수 있다.
- [0038] 상기 금속층(130)은, 전술한 바와 같이, Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, 황동(brass), 청동(bronze), 백동, 스테인레스 스틸(stainless steel) 및 Ge 로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 금속 또는 합금을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0039] 또한, 상기 유연성 투명 기재 상에 상기 금속층이 형성되어 있는 경우, 상기 금속층은 상기 그래핀 형성을 위한 촉매 역할을 할 수 있으며, 상기 금속층이 형성된 유연성 투명 기재 상에 탄소 소스를 포함하는 반응 가스 및 열을 제공하여 반응시켜 그래핀 층을 직접적으로 형성함으로써, 별도의 전사과정 없이 발열체를 제조할 수 있다.
- [0040] 상기 전극(120)은 상기 그래핀 층과 연결되는 형태라면 그 위치에 제한이 없으며, 예를 들어, 상기 전극은 상기 그래핀 층의 말단, 상기 그래핀 층의 상부, 또는 상기 그래핀 층의 하부에 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한 되는 것은 아니다. 일 구현예에 있어서, 상기 전극은 유연성 투명 기재(100)의 적어도 어느 일면에 형성되어 있거나, 상기 그래핀 층의 양 말단, 또는 상기 그래핀 층의 상부 및/또는 하부에 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 전극은 도 1 내지 도 4에서와 같이 상기 그래핀의 양 말단에 형성될 수 있으며, 또는, 도 5에서와 같이 상 기 그래핀 층의 상부에 위치할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이 때 상기 전극은 발열체의 투명성을 확보하기 위하여, 투명 전극인 것을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 필요한 경우, 도 4에서와 같이 금속 페이스트층(110), 예를 들어, Ag 페이스트층을 상기 유연성 투명 기재(100)상에 형성하고, 상기 금속 페이스트 층 상에 상기 전극을 접착시켜, 상기 전극을 용이하게 위치시킬 수 있다.
- [0041] 상기 전극의 재료는 당업계에서 통상적으로 사용되는 것이라면, 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, ITO, 그래핀, 또는 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT) 전극을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 또한, 상기 전극이 그래핀을 포함하는 것인 경우, 하기에서 서술하는 바와 같이, 전극 형성을 위한 그 래핀의 미세 패턴 구조를 형성하여 그래핀 전극을 형성한 후 그래핀 층을 전사함으로써 상기 발열체를 그래핀 일체형으로 제조할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0042] 대면적으로 상기 본원의 일 구현예에 따른 유연성 투명 발열체를 형성하는 경우, 상기 발열체의 전면에 고효율 의 균일한 열을 발생시키기 위해서 유연성 투명 기재의 양 말단에 전극을 형성하기보다는, 도 8에 나타난 바와 같이, 상기 그래핀 층 상에 미세 패턴 구조의 투명 전극을 형성하는 것이 바람직하다. 비제한적인 예로서, 상 기 투명 전극은 상기 그래핀 층의 상부 및/또는 하부에 미세 패턴 구조로 형성되어 복수 개의 전극이 직렬 또는 병렬로 연결될 수 있으며, 이러한 경우 발열량을 증가시킬 수 있다.
- [0043] 상기 미세 패턴 구조의 투명 전극을 포함하는 발열체는 마스크 공정을 통해서 투명 전극을 미세 패턴으로 형성 한 후, 상기 형성된 전극의 미세패턴 상에 발열층으로 작용하는 그래핀 층을 형성하거나, 유연성 투명 기재 (100)의 적어도 일면에 발열층으로 작용하는 그래핀 층을 먼저 형성하고, 상기 그래핀 층 상에 투명 전극으로

작용하는 미세 패턴의 그래핀 필름을 형성하는 것도 가능하다. 일 구현예로서, 상기 전극이 그래핀을 포함하는 투명전극인 경우, 상기과 같은 미세 패턴닝된 전극을 유연성 투명 기재(100) 상에 형성하는 것은 유연성 기판(170) 상에 그래핀 층을 전사하고, 마스크를 사용하여 상기 그래핀 층을 미세 패턴 구조로 형성한 후, 상기 기판 상에 단일층 또는 복수층의 그래핀 층을 롤투롤 공정 방법을 이용하여 전사하는 방법도 포함한다. 보다 구체적으로, 유연성 기판(170) 상에 그래핀 층을 형성하고(도 9a), 상기 유연성 기판 상에 웨도우 마스크(160)를 배치(도 9b)하고 에칭 공정(예: 상압 O₂ 플라즈마 등 이용)을 통하여 상기 그래핀 층의 미세 패턴 구조를 형성할 수 있다(도 9c). 이후, 상기 유연성 기판을 롤투롤 전사 공정을 통하여 목적 기판, 예를 들어, 유연성 투명 기재(100) 상에 전사할 수 있다(도 9d). 여기서, 상기 유연성 기판(170)은 폴리머를 포함하는 것일 수 있으며, 예를 들어, 열 박리성(thermal release) 폴리머를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0044] 상기 전극(120) 및 상기 그래핀 층(140) 상에는 보호층이 추가로 형성될 수 있다. 상기 보호층은 유연성 투명 물질, 예를 들어, PET와 같은 투명 고분자 물질의 층으로 형성할 수 있다. 상기 보호층은 하부의 그래핀 층(140)을 보호하고, 상기 그래핀 층(140) 표면에서 발생한 열이 바로 방출되지 않고 주변으로 균일하게 방출될 수 있도록 한다.

[0045] 도 10은 본원의 일 구현예에 따른 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 제조 공정에 대한 개략도이다.

[0046] 먼저, 유연성 투명 기재(100)를 준비하고, 상기 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 그래핀 층(140)을 형성한다. 상기 유연성 투명 기재 상에 상기 그래핀 층을 형성하기 위하여, 다른 기판 상에서 형성된 그래핀 층을 상기 유연성 투명 기재 상으로 전사하거나, 상기 언급한 바와 같이 상기 유연성 투명 기재 상에 금속층이 형성되어 있는 경우에는 상기 유연성 투명 기재 상의 금속층에 직접 그래핀 층을 형성할 수 있다.

[0047] 예를 들어, 상기 그래핀 층(140)은 금속 촉매 상에서 탄소 소스를 포함하는 반응 가스 및 열을 제공하여 반응시킴으로써 형성된 그래핀 층을 상기 유연성 투명 기재의 적어도 어느 일면에 전사함으로써 형성된 것일 수 있다. 상기 탄소 소스는, 예를 들어, 일산화탄소, 이산화탄소, 메탄, 에탄, 에틸렌, 에탄올, 아세틸렌, 프로판, 부탄, 부타디엔, 펜탄, 펜텐, 사이클로펜타디엔, 헥산, 사이클로헥산, 벤젠, 톨루엔 등과 같은 탄소 소스를 기상으로 공급하면서, 예를 들어, 300℃ 내지 2000℃의 온도로 열처리하면 상기 탄소 소스에 존재하는 탄소 성분들이 결합하여 6각형의 판상 구조를 형성하면서 그래핀 층이 성장된다. 상기 금속 촉매층은 기재 상에 그래핀 필름의 성장을 용이하게 하기 위하여 형성되며, 상기 금속 촉매층의 재료는 특별히 제한 없이 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 금속 촉매층은 Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, 황동(brass), 청동(bronze), 백동, 스테인레스 스틸(stainless steel) 및 Ge 로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 금속 또는 합금일 수 있다. 또한, 상기 금속 촉매층의 두께는 특별히 제한되지 않으며, 박막 또는 후막일 수 있다. 상기 그래핀 층을 형성하는 방법은 당업계에서 그래핀 성장을 위해 통상적으로 사용하는 방법을 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 화학기상증착법을 이용할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 화학기상증착법은 고온 화학기상증착(Rapid Thermal Chemical Vapour Deposition; RTCVD), 유도결합플라즈마 화학기상증착(Inductively Coupled Plasma-Chemical Vapor Deposition; ICP-CVD), 저압 화학기상증착(Low Pressure Chemical Vapor Deposition; LPCVD), 상압 화학기상증착(Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition; APCVD), 금속 유기화학기상증착(Metal Organic Chemical Vapor Deposition; MOCVD), 및 플라즈마 화학기상증착(Plasma-enhanced chemical vapor deposition; PECVD)을 포함할 수 있으나, 이제 제한되는 것은 아니다.

[0048] 상기 그래핀 층을 성장시키는 공정은 상압, 저압 또는 진공 하에서 수행 가능하다. 예를 들어, 상압 조건 하에서 상기 공정을 수행하는 경우 헬륨(He) 등을 캐리어 가스로 사용함으로써 고온에서 무거운 아르곤(Ar)과의 충돌에 의해 야기되는 그래핀의 손상(damage)을 최소화시킬 수 있다. 또한 상압 조건 하에서 상기 공정을 수행하는 경우, 저비용으로 간단한 공정에 의하여 대면적 그래핀 필름을 제조할 수 있는 이점이 있다. 또한, 상기 공정이 저압 또는 진공 조건에서 수행되는 경우, 수소(H₂)를 분위기 가스로 사용하며, 온도를 올리면서 처리하여 주면 금속 촉매의 산화된 표면을 환원시킴으로써 고품질의 그래핀을 합성할 수 있다. 상기 언급한 방법에 의해 형성되는 그래핀 층은 횡방향 및/또는 종방향 길이가 약 1 mm 이상 내지 약 1000 m 에 이르는 대면적일 수 있다. 또한, 상기 그래핀 필름은 결함이 거의 없는 균질한 구조를 가진다. 상기 언급한 방법에 의해 제조되는 그래핀 층은 그래핀의 단일층 또는 복수층을 포함할 수 있다. 비제한적 예로서, 상기 그래핀 필름의 두께는 1 층 내지 100 층 범위에서 조절할 수 있다.

[0049] 이후, 상기 그래핀 층(140)은 다양한 공정에 의하여 유연성 투명 기판 상에 전사될 수 있다. 상기 전사 방법은 그래핀 층을 기판 상에 전사하여 코팅시키기 위하여 당업계에서 통상적으로 사용되는 방법이라면 제한 없이 사

용 가능하며, 예를 들어, 건식 공정, 습식 공정, 스프레이 공정, 롤투롤 공정을 사용할 수 있다.

- [0050] 상기 롤투롤 공정에 의한 전사 방법은 대면적 그래핀 층의 전사 방법으로서 유용하게 사용될 수 있으며, 예를 들어, 발열판으로서 그래핀 층을 형성하기 위하여 상기 롤투롤 공정에 의하여 대면적 그래핀 층을 상기 유연성 기판 등에 전사할 수 있다. 또한, 상기 전극이 그래핀을 포함하는 투명 전극인 경우, 상기 롤투롤 공정을 이용하여 그래핀 층을 상기 유연성 투명 기재 상에 전사하여 그래핀 전극 미세 패턴을 자유롭게 형성할 수 있다.
- [0051] 본원의 일 구현예에 따른 상기 롤투롤 공정에 의한 전사 방법은 그래핀이 형성되어 있는 유연성 기판 및 상기 그래핀 상에 접촉된 목적 기판을 전사 롤러(transfer roller)로 롤링하여 상기 그래핀 필름을 상기 목적 기판 상에 전사시키는 것을 포함(도 11 참조)하는데, 보다 상세하게는 3 단계를 포함할 수 있다. 상기 3 단계는, 그래핀 성장 지지체 상에 형성된 그래핀 과 상기 그래핀 상에 접촉된 유연성 기판을 접촉 롤러(roller)인 제 1 롤러(10)로 롤링함으로써 그래핀 성장 지지체-그래핀 필름-유연성 기판의 적층체를 형성하고; 상기 적층체를 제 2 롤러(20)를 이용하여 에칭 용액 내로 함침되어 통과하도록 함으로써 상기 그래핀 성장 지지체를 에칭하여 상기 그래핀 필름을 상기 유연성 기판 상에 전사하고; 상기 그래핀 필름이 전사된 유연성 기판 및 상기 그래핀 필름 상에 접촉된 목적 기판을 전사 롤러(transfer roller)인 제 3 롤러(30)로 롤링하여 상기 그래핀 필름을 상기 목적 기판 상에 전사시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0052] 마지막으로, 상기 그래핀 층(140)을 상기 유연성 투명 기재(100) 상에 전사하여 형성한 이후에는 상기 그래핀 층(140)의 양 말단 또는 상기 그래핀 층(140)의 상부 및/또는 하부에 전극(120)을 형성할 수 있다.
- [0053] 도 12는 본원의 일 실시예에 따라 제조된, 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 사진(도 12a) 및 열화상 사진(도 12b)이다. 보다 구체적으로, 상기 유연성 투명 발열체는 PET 층 상에 그래핀을 전사시켜 그래핀 층을 형성하였고, 상기 그래핀 층의 양 말단에 전압, 전류가 인가될 수 있도록 구리 전극을 설치하였다. 여기서, 상기 구리 전극은 열증착(thermal evaporator) 장비를 이용하여 양 말단 전극이 노출될 수 있도록 섀도우 마스크(Shadow mask)를 사용하였고 상기 구리 전극을 100 nm의 두께로 1Å/sec 속도로 증착하였다. 그리고 발생한 열이 바로 대기로 빠져 나가버리는 것을 방지하기 위하여 상기 그래핀 층 및 상기 전극 상부에 보호층으로서 PET 층을 형성하고 단열 테이프로 고정된 후 클립을 사용하여 상기 발열체 사방을 외부와 차단시켰다. 상기 언급한 방법에 의해 형성된 유연성 투명 발열체는 약 88.5%의 투과도를 나타내기 때문에 투과도가 상당히 높음을 확인할 수 있었으며, 사진에서와 같이 굽힘 하중을 받아도 그래핀이 깨지거나 변형이 일어나지 않았으며, 굽힘 하중을 받으면서 발열체를 구동하더라도 발열특성이 변하거나 표면의 손상이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었다. 본원의 실시예에서 표면에 대한 투과도(Transmittance)는 UV-Vis-NIR 스펙트럼을 이용하여 측정하였으며, 그래핀 표면 온도의 변화는 열화상 카메라(Thermal image camera)를 이용하여 측정 및 분석하였다.
- [0054] 도 13과 도 14는 본원의 일 실시예에 따른, 5 층 및 6층의 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 열화상 사진, 열분포 곡선 및 상기 발열체 표면에 발생하는 열분포 지수를 나타내는 그래프를 비교한 결과이다.
- [0055] 보다 구체적으로, 도 13a는 5 층의 그래핀을 PET 유연성 투명 기재의 표면에 전사시켜 적층한, 유연성 투명 발열체를 열화상 카메라로 분석한 실험 결과이다. 실험 조건은 상기 유연성 투명 발열체의 양 전극(120)에 20 V, 2.5 A를 인가하였으며, 소비 전력은 5 W로 표기되었다. 도 13a의 오른쪽에 위치한 온도 스케일 바는 화면에 표시된 온도 분포를 최저 약 20.6℃ 내지 최고 약 94.2℃의 온도 분포로서 색변화를 통해 나타낸다. 이를 참조하면, 양 전극(120) 사이의 4 x 8 cm² 크기의 그래핀 표면에서 열이 고르게 발생하고 있음을 확인할 수 있었다. 도 13b는 그래핀 표면에 가장 높은 열이 발생하는 지점 근방에 대한 열 분포 곡선으로, 그래핀 표면에서 발생하는 열은 평균 약 82.8℃로 중앙 지점이 가장 높은 온도를 나타냈으며, 측면으로 갈수록 점차 낮아지는 현상을 확인할 수 있었다. 그러나 열구배가 크게 나타나지 않아 이를 통하여 그래핀 표면에서 고르게 열이 발생하고 있음을 알 수 있었다. 도 13c는 그래핀 표면에 발생하는 열분포 지수를 보여 주는 그래프로서, 약 80℃ 내지 약 94℃에서 높은 온도 분포를 나타내고 있음을 알 수 있었다.
- [0056] 도 14a는 본원의 일 실시예에 있어서 6 층의 그래핀에 HNO₃ 도펀트로 도핑되어 표면 저항을 낮춘 유연성 투명 발열체에 대한 열화상 카메라 분석 결과이다. 실험 조건은 양 전극(120)에 20 V, 2.5 A를 인가하였으며, 소비 전력은 8 W로 표기되었다. 도 13a와 비교하면, 온도 분포가 중앙 위쪽 지점에 집중되어 있는 현상이 확인되었다. 그러나 가장 높은 지점의 온도는 약 115℃이고, 가장 낮은 지점의 온도는 약 18.2℃이며 평균 약 94℃의 온도 분포를 나타냈다. 도면 14b는 그래핀 표면에 가장 높은 열이 발생하는 지점 근방에 대한 열 분포 곡선으로 도면 13b와 비교하면 온도 구배가 좀 더 크게 형성되어 있는 것을 확인하였다. 그러나 평균 온도는 약 94℃로 이전 5 층의 그래핀에 비해 더 높은 평균 온도를 나타내고 있어 열이 국부적으로만 발생하는 것이 아니

라, 평균적으로 높은 열을 발생시키고 특히 중앙에서 높게 발열하는 것을 확인할 수 있었다. 도 14c는 도핑 처리된 6 층의 그래핀 표면에 발생하는 열분포 지수를 보여 주는 그래프로써 도 13c와 비교하여 열의 분포가 고르게 나타났으며 전체적인 온도는 약 12℃ 높은 것을 확인할 수 있다.

- [0057] 본원의 유연성 투명 발열체는 화학적, 물리적 및 구조적 개선을 통하여 열효율을 증가시킬 수 있다.
- [0058] 먼저, 상기 유연성 투명 발열체의 열효율을 증가시키기 위한 화학적 방법으로는 도핑 처리된 그래핀을 사용함으로써 상기 유연성 투명 발열체의 발열 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0059] 도 15는 본원의 일 실시예에 있어서 다양한 도펀트를 사용하여 도핑된 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 시간에 따른 온도 변화를 보여 주는 그래프이다. 모든 샘플의 크기는 약 40 x 40 mm²로 동일하게 제작되었으며, 샘플은 총 3가지로서, Reference로 Pt 가 15 nm 코팅된 Metal thin film, AuCl₃-CH₃NO₂가 도핑된 4층의 그래핀, HNO₃ 가 도핑된 4 층의 그래핀이 사용되었다. 입력 조건은 12 V 로 구동하였으며 Metal thin film은 20 V 로 구동되었다. 모든 샘플이 약 1분 이내에 최고 온도에 근접하게 도달하여 빠른 반응속도를 나타내었지만 특히 AuCl₃-CH₃NO₂ 로 도핑된 그래핀의 경우, 약 1분 이내에 약 100℃ 가까이 표면온도가 상승하였다. 따라서, 같은 층수를 갖는 그래핀이라도 도핑에 의해 면저항이 개선된 정도에 따라 동일한 입력 조건에서 반응하는 표면온도가 크게 차이나 나는 것을 확인하였다.
- [0060] 도 16은 본원의 실시예에 있어서 화학적으로 도핑된 5 층 및 6층의 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체의 시간에 따른 온도 변화를 보여 주는 그래프이다. 상기 도핑된 5층의 유연성 투명 발열체의 경우, 5 층으로 적층한 유연성 투명 발열체에 비해 더 빠르게 온도가 상승하고, 최고 온도가 약 22% 이상 증가되며 그래핀 표면에서 최고 온도가 약 116℃로 확인되었다. 또한 전원을 제거한 뒤 열이 완전히 방출되는 시간을 확인해본 결과, 1 분 이내에 상기 유연성 투명 발열체가 모두 30℃에 도달하여 도핑 처리된 유연성 투명 발열체에서 방열 특성이 더 우수한 것을 확인할 수 있었다.
- [0061] 상기 유연성 투명 발열체의 열효율을 증가시키기 위한 다른 방법으로는, 유연성 투명 기관 상에 형성되는 그래핀의 층 수를 달리하여 표면 저항을 줄임으로써 상기 발열체의 발열 효율을 증가시킬 수 있다. 본원의 실시예에 있어서, 도 17을 참조하면, 그래핀 적층수에 따른 유연성 투명 발열체의 표면 저항의 변화 및 최대 온도 변화를 확인할 수 있었다. 모든 실험 과정에서 실험 조건은 20 V, 2.5 A로 동일하게 수행하였다. 그래핀 적층수에 따른 표면 저항은 3 층의 그래핀을 전사하는 동안에 22 ohm 까지 줄어드는 현상을 나타내지만 이후 5 층의 그래핀을 전사할 때까지는 큰 변화를 나타내지 않았다. 그러나 적층되는 그래핀의 층수가 늘어나면서 그래핀 표면에서 발생하는 최대 온도는 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 6 층을 적층시킨 그래핀에 HNO₃로 도핑할 경우, 표면 저항이 약 50% 이상 감소되는 현상이 발생하며 이를 이용하여 최대 온도를 더욱 증가시킬 수 있었다(도 17 참조). 도 18은 본원의 실시예에 있어서 Al 및 Cu 전극(120)을 사용한 그래핀 적층수에 따른 유연성 투명 발열체의 표면 저항의 변화 및 최대 온도 변화를 보여 주는 그래프이며, 저항 변화와 최대 온도는 상기 도 17에서와 유사한 결과를 관찰할 수 있었다.
- [0062] 금속층 상에 그래핀 층이 형성되어 있는 유연성 투명 발열체의 경우, 상기 금속층의 두께를 조절함으로써 상기 유연성 투명 발열체의 발열 효율을 증가시킬 수 있다. 도 19는 본원의 실시예에 있어서 유연성 투명 기재-금속층-그래핀 층을 포함하는 유연성 투명 발열체의 시간에 따른 온도 변화를 나타내는 그래프로써, PET 층 상에 상기 Pt 금속층을 두께별로 코팅하였으며 동일한 층 수의 그래핀 층을 형성하였다. 상기 금속층의 두께는 각각 약 0.7 nm, 약 1.1 nm, 약 2.0 nm 였다. 도 19를 참조하면, Pt의 두께가 두꺼울수록 온도가 높게 상승하는 것을 확인하였다. 모든 실시예에서 1분 이내로 최대 온도에 도달하였으며, 약 1.1 nm 의 Pt 금속층 및 약 2.0 nm 의 Pt 금속층의 결과를 비교해 보면 최대 온도가 약 20% 정도 증가하였음을 알 수 있었다. 방열 특성을 확인하기 위하여 인가 전압을 제거한 뒤 변하는 온도를 측정된 결과, Pt를 약 2.0 nm 로 코팅한 유연성 투명 발열체의 최대 온도가 약 20℃ 정도 높았으나, Pt를 약 1.1 nm 로 코팅한 유연성 투명 발열체에 비하여 열 방출이 활발하여 동일한 시간 내에 상온으로 돌아오는 것을 확인하였다. 따라서 동일한 그래핀을 사용하여 유연성 투명 발열체를 제조하더라도 금속층, 예를 들어, Pt의 두께가 두꺼워짐에 따라 최대 온도가 상승하는 것을 확인하였다.
- [0063] 상기 언급한 바와 같이 유연성 투명 발열체의 발열효율을 향상시키기 위하여 그래핀 층 수 또는 금속층의 두께를 조절하는 경우, 상기 그래핀 층 수 및/또는 상기 금속층의 두께에 따라 상기 유연성 투명 발열체의 투과도 역시 변화한다. 도 20은 본원의 다양한 실시예에 있어서 유연성 투명 기관(PET) 상에 그래핀의 적층수에 따른 투과도의 변화를 보여 주는 그래프이고, 도 21은 본원의 다양한 실시예에 있어서 다양한 두께의 금속층과 함께

사용된 그래핀의 투과도의 변화를 보여 주는 그래프이다. 이론적으로 그래핀 1 층이 투명 기판에 전사된 경우, 투과도는 약 2.3% 감소된다. 도 20을 참조하면, 정확하게 2.3%의 비율로 감소되지는 않으나 적층수에 따라 투과도가 점점 감소되는 결과를 확인할 수 있었다. 투과도가 2.3% 보다 더 줄어든 이유는 국부적으로 1 층 이상의 그래핀이 코팅되었기 때문이라 판단된다. 또한 2.3% 보다 적은 투과도가 줄어든 이유는 그래핀 합성 후, PET 층에 전사하는 과정에서 표면에 균열이 발생하였기 때문이라 판단된다. 최종적으로 그래핀 6층을 전사한 결과 550 nm 파장에서 약 86.2 %의 투과도를 나타내고 있음을 확인하였다. 도 21을 참조하면, 다양한 두께의 금속층(130)과 함께 사용된 그래핀의 투과도의 변화 및 비교예로서 다양한 두께의 금속층(130)이 적층된 유연성 투명 기판의 투과도를 확인할 수 있었다.

[0064] 상기 언급한 바와 같이, 본원에 의한 그래핀을 이용한 유연성 투명 발열체는 대면적 및 평면 구조로 제조함으로써 자동차, 배, 비행기 등에 사용되는 유리판, 산간 지방 도로 교통 표지판, 시야각 확보 거울, 군사용 장비 화면, 스키 고글, 건물에 사용되는 유리벽, 실내 유리 등 다양한 분야에 걸쳐, 사용될 수 있으며, 겨울철 유리에서 발생하는 성애를 방지하거나 서리를 방지하는 역할을 할 수 있다.

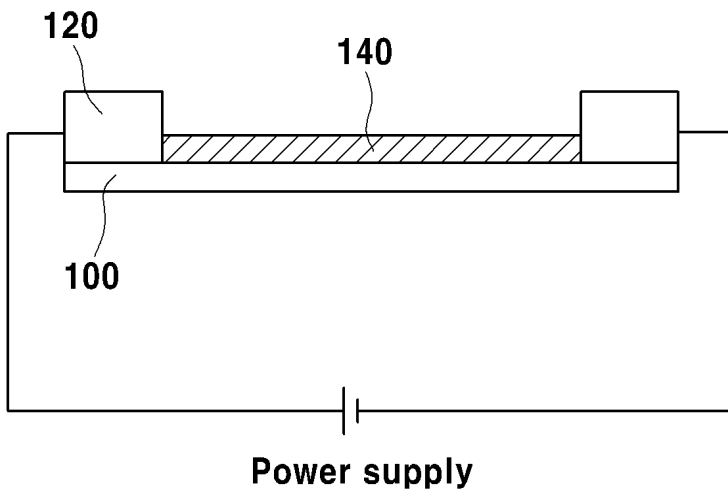
[0065] 상기에서는 본원의 바람직한 구현예 및 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본원의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본원을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

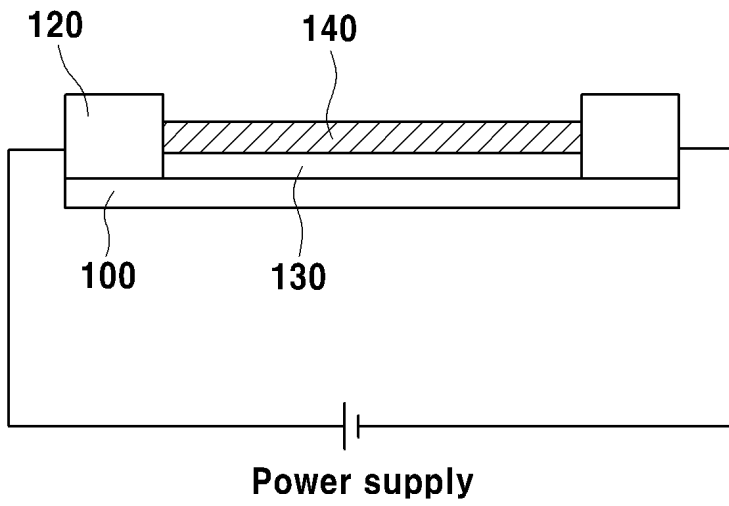
- [0066] 10: 제 1 롤러
- 20: 제 2 롤러
- 30: 제 3 롤러
- 100 : 유연성 투명 기재
- 110 : 금속 페이스트층
- 120 : 전극
- 130 : 금속층
- 140 : 그래핀 층
- 150 : 보호층
- 160 : 마스크
- 170 : 유연성 기판

도면

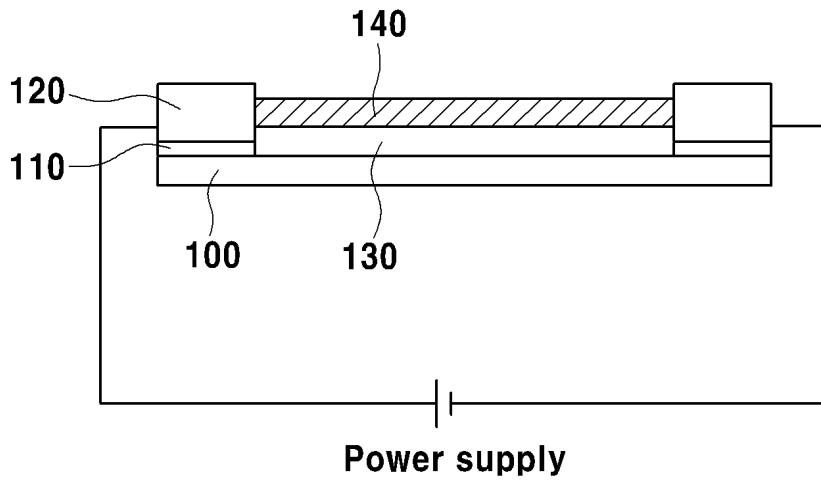
도면1



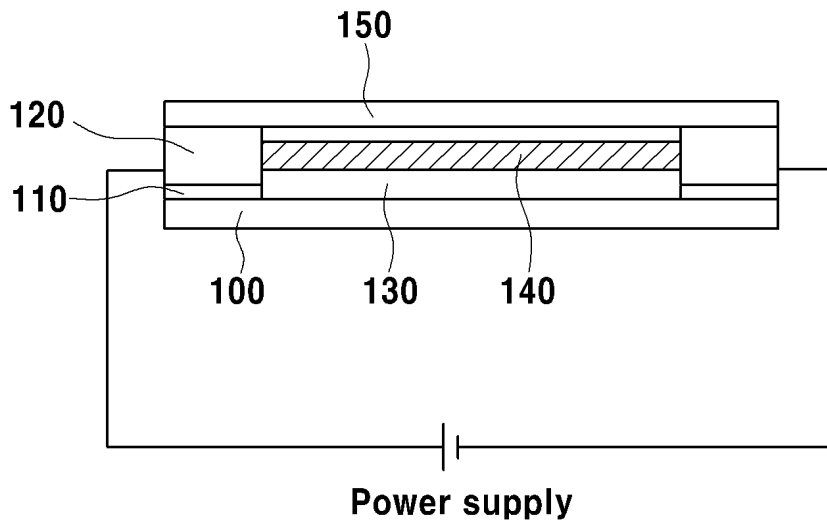
도면2



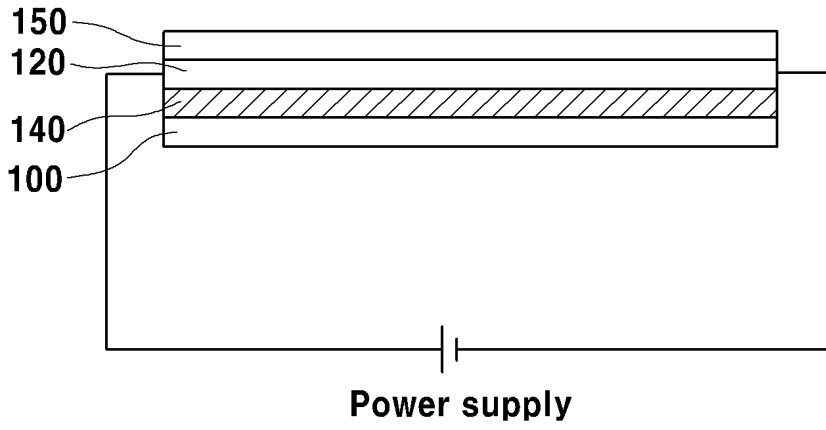
도면3



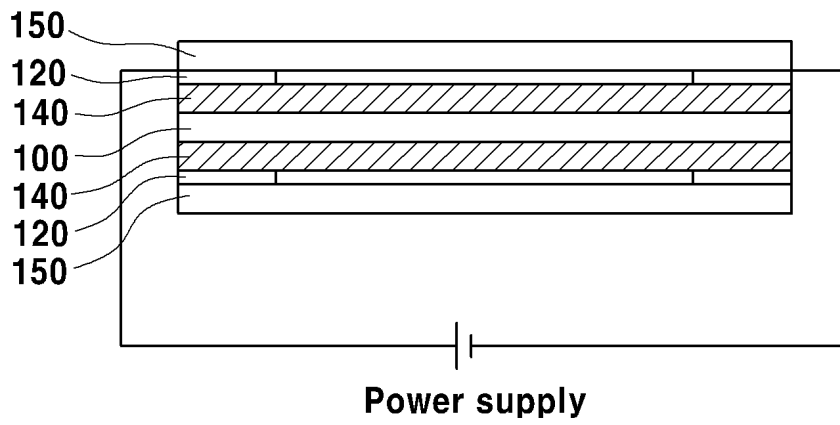
도면4



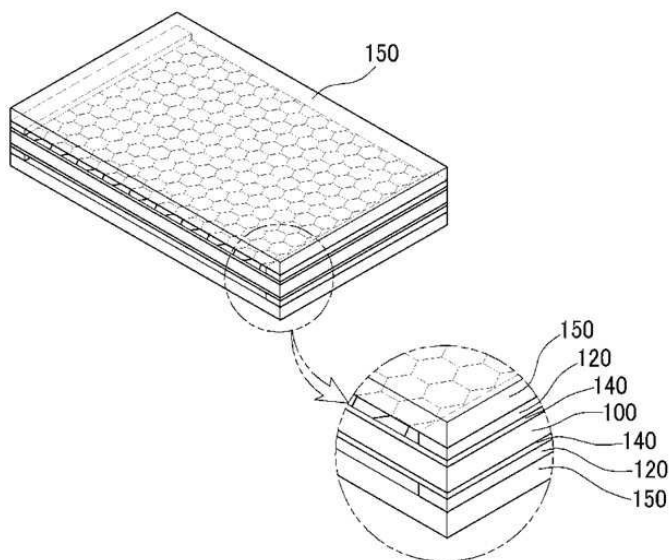
도면5



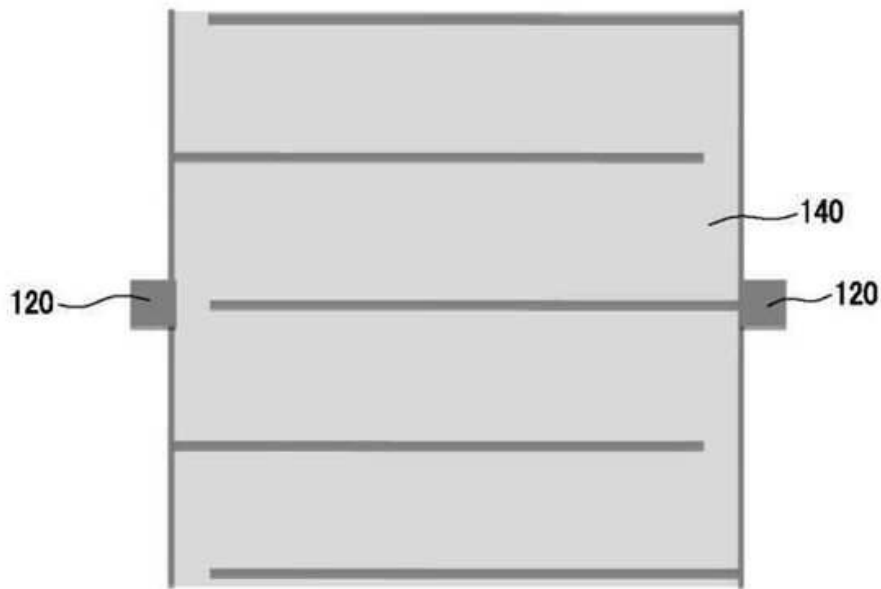
도면6



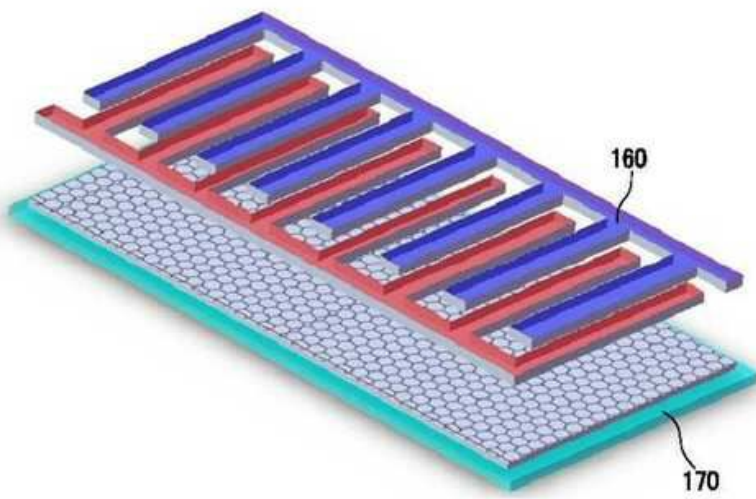
도면7



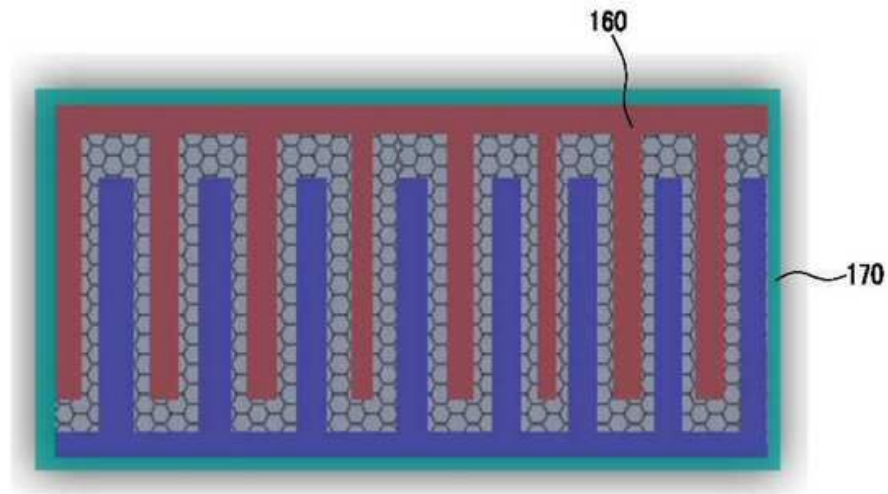
도면8



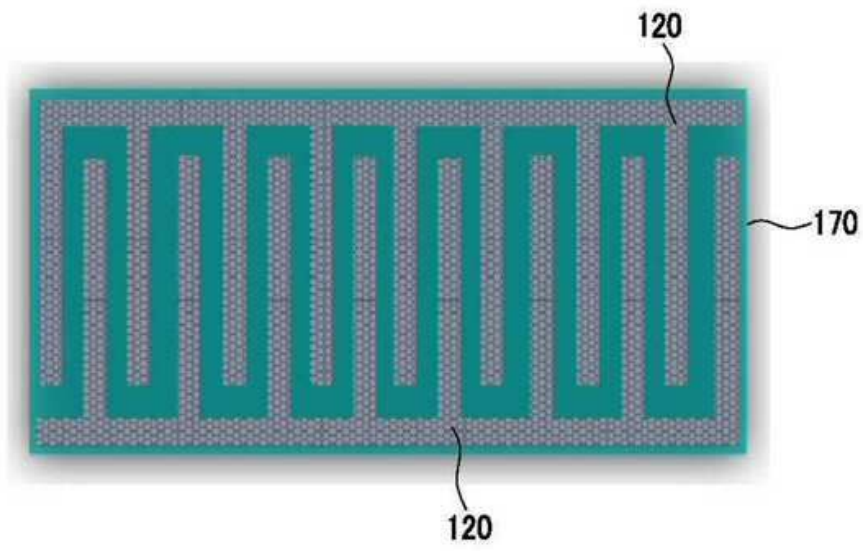
도면9a



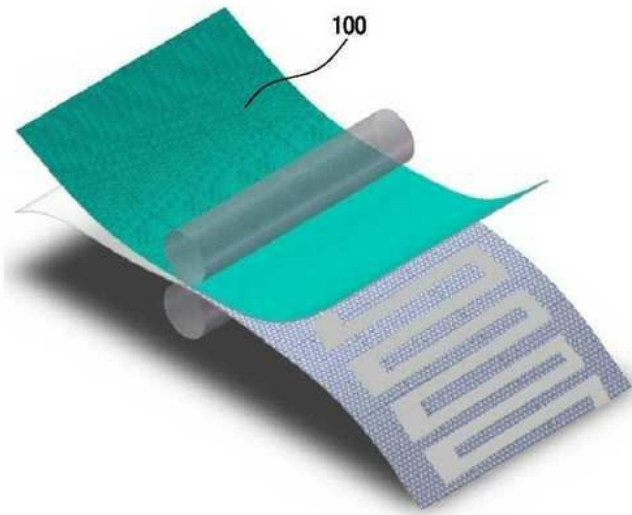
도면9b



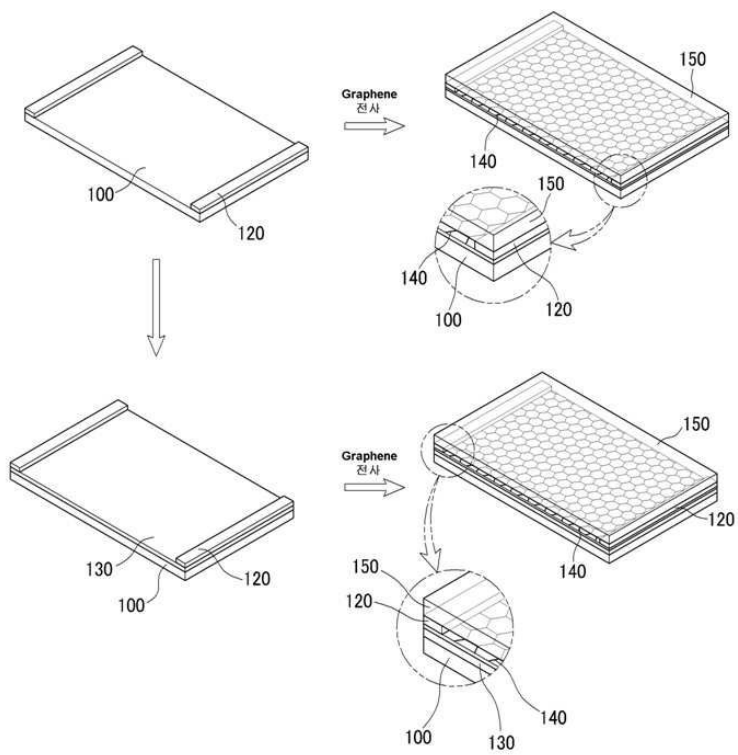
도면9c



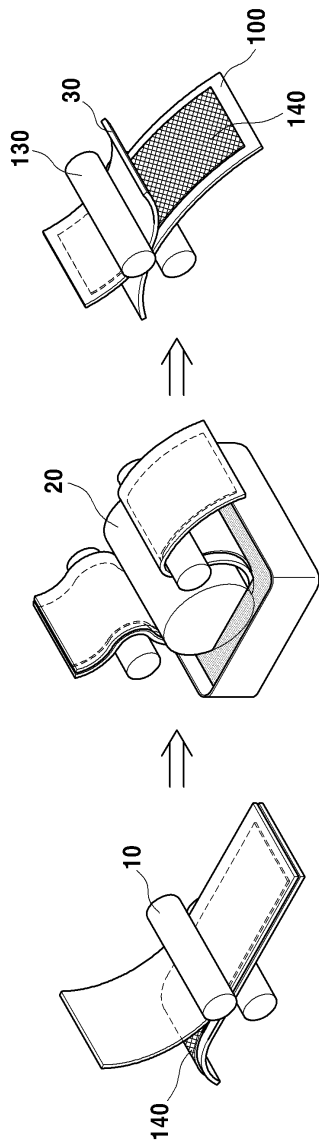
도면9d



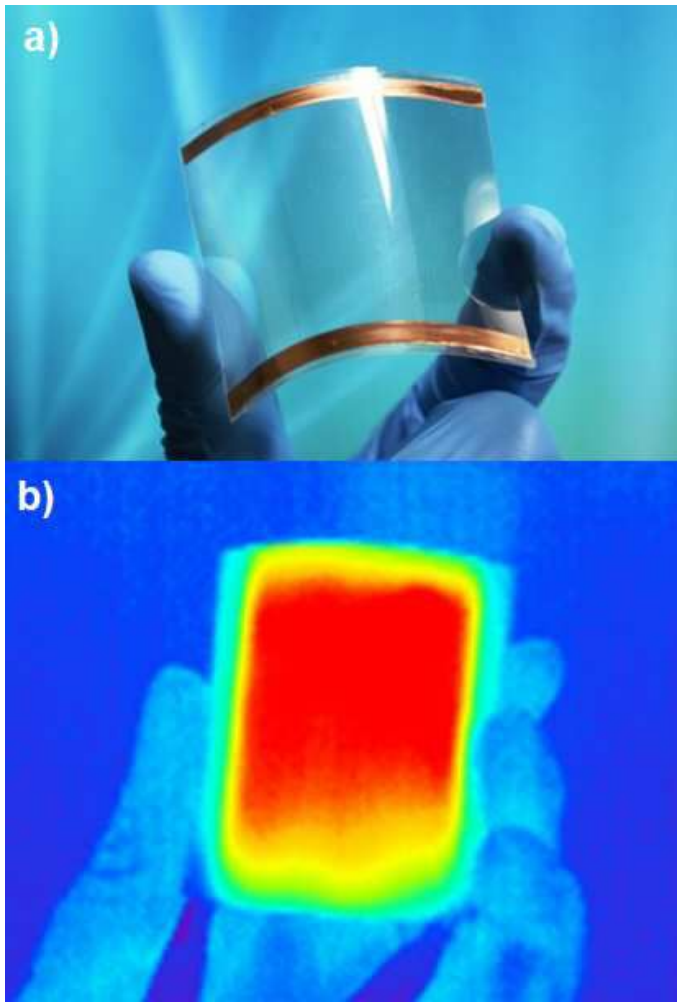
도면10



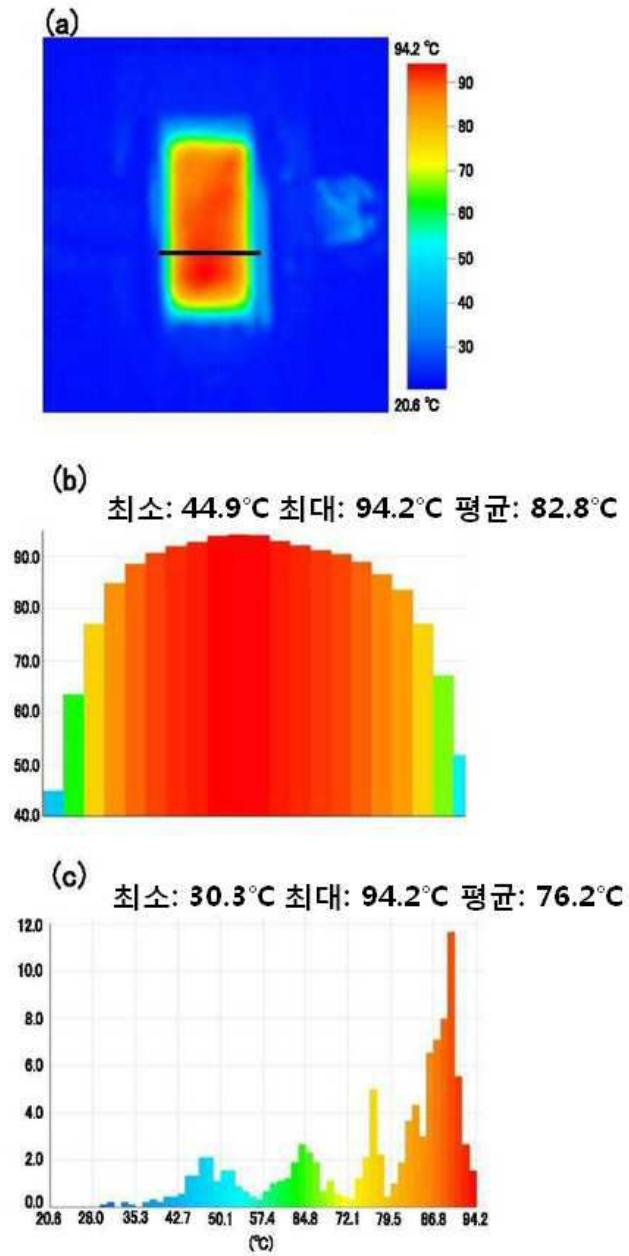
도면11



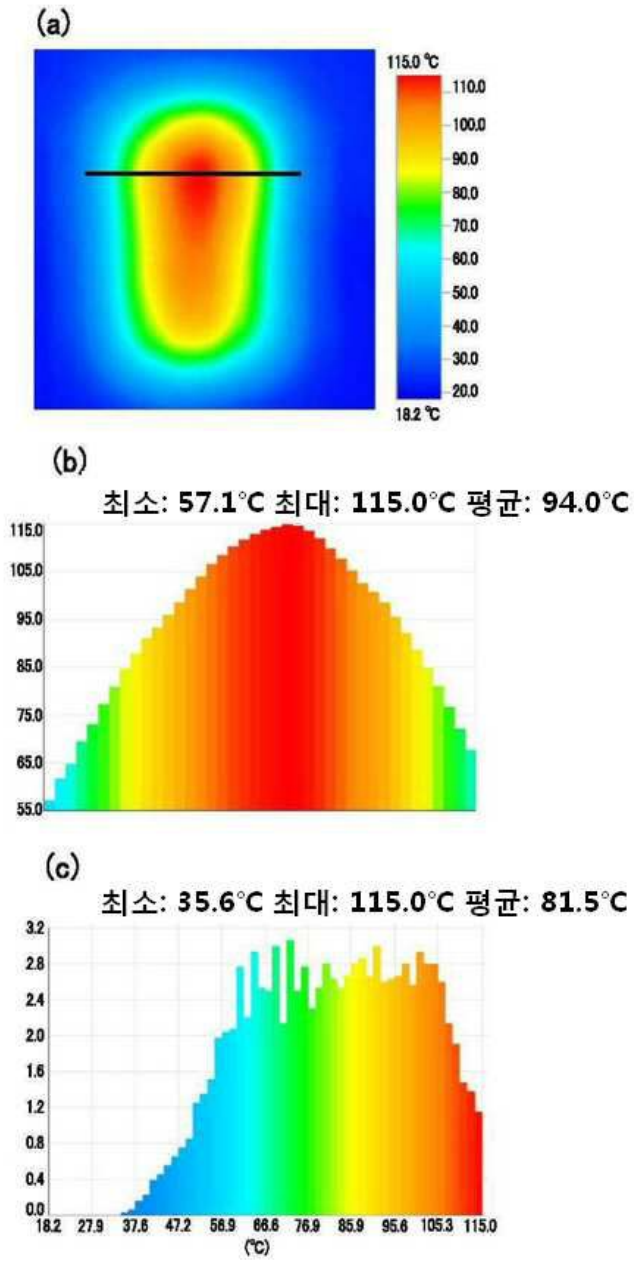
도면12



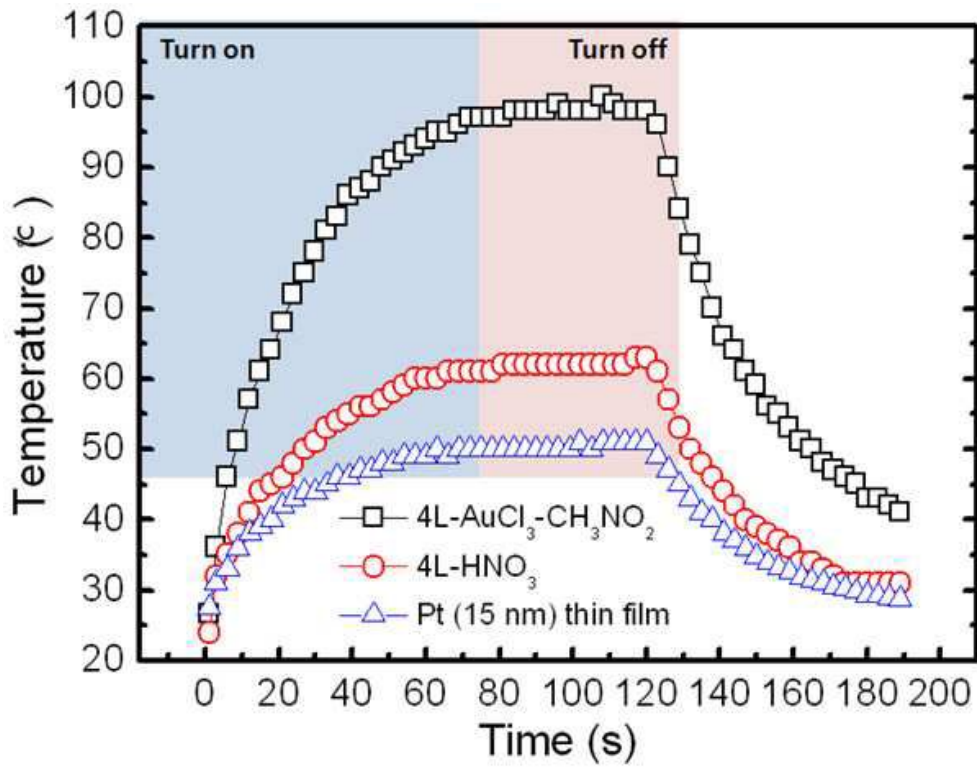
도면13



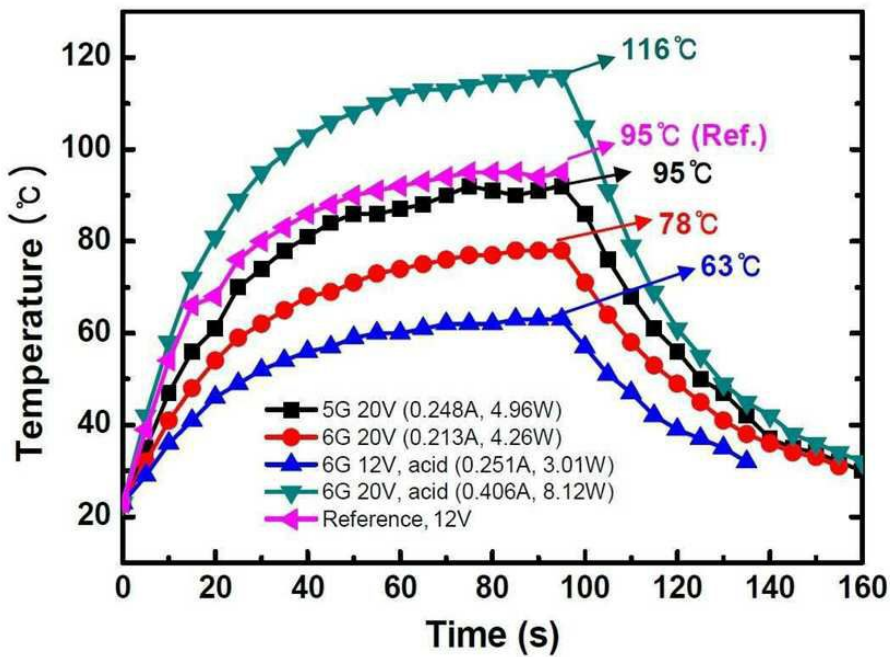
도면14



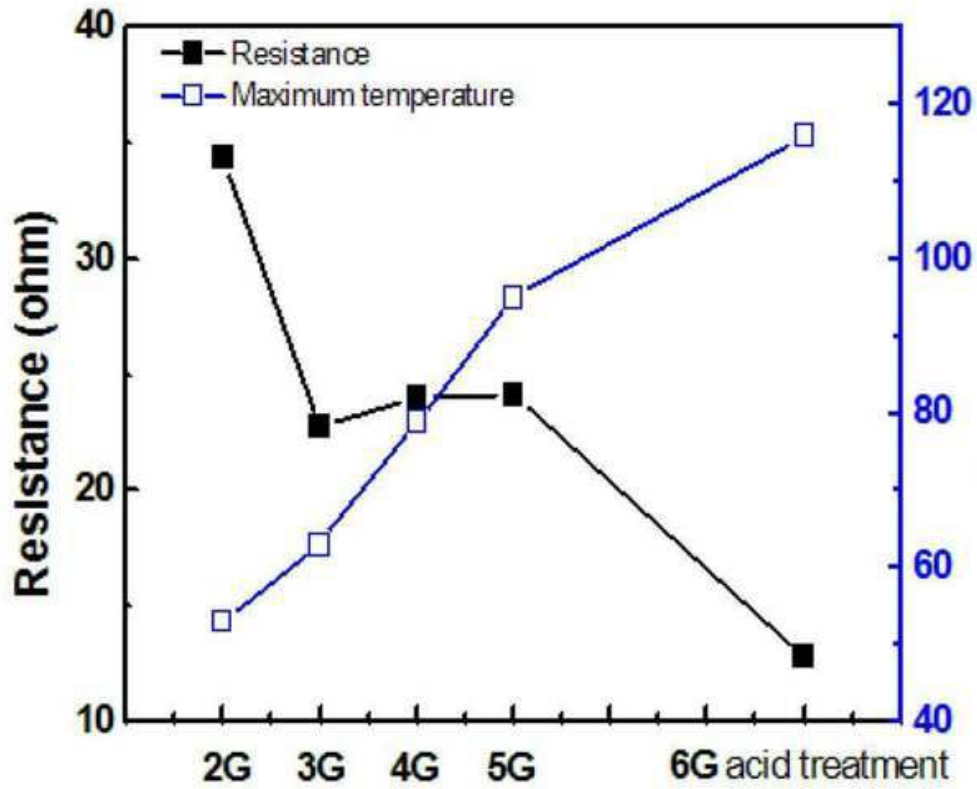
도면15



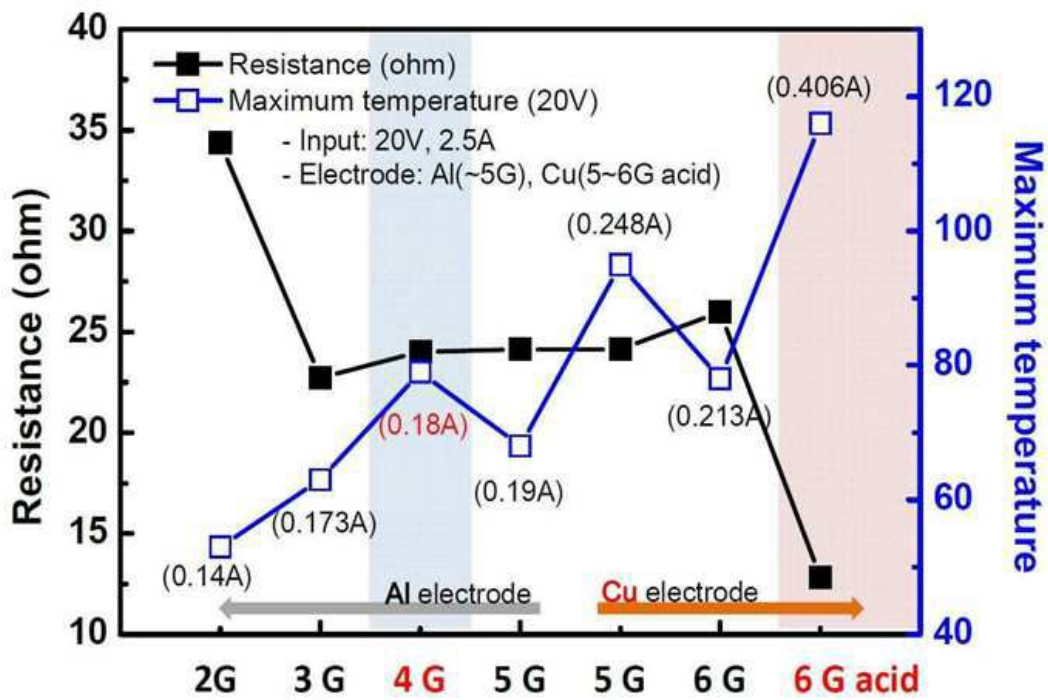
도면16



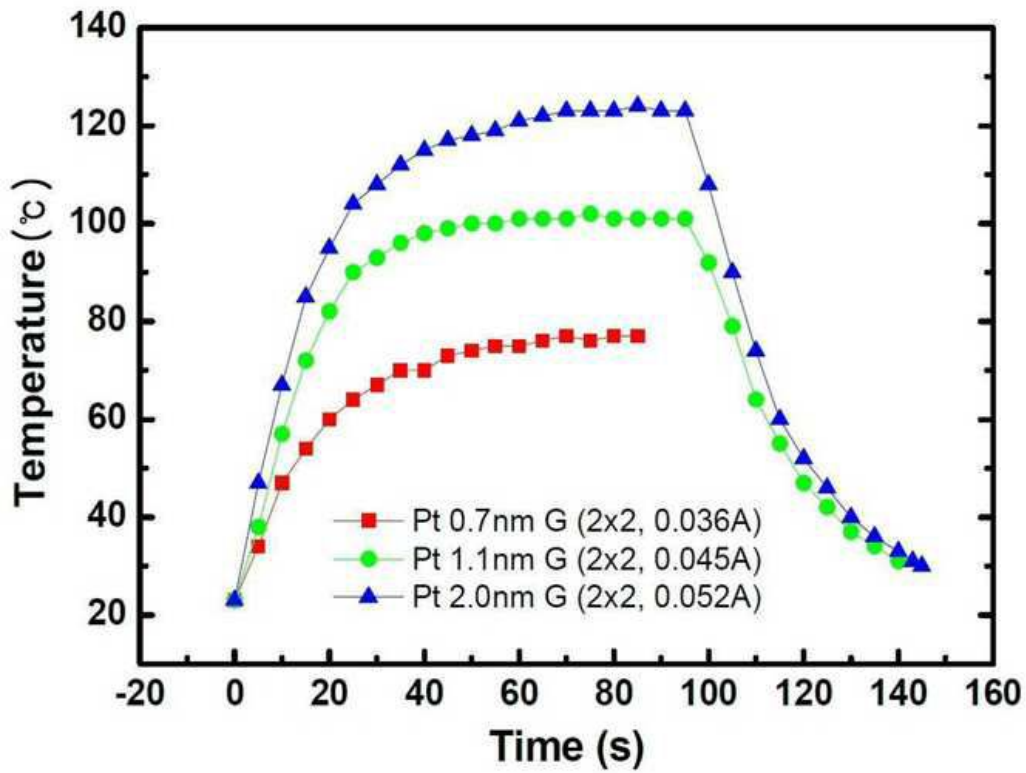
도면17



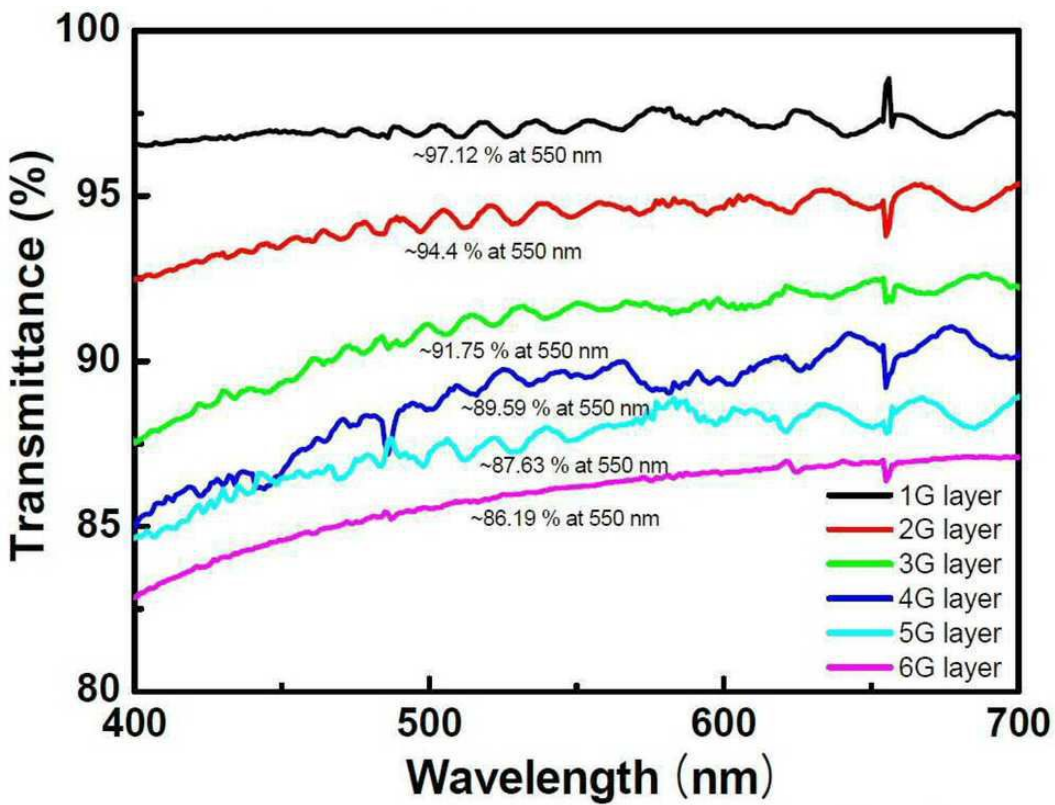
도면18



도면19



도면20



도면21

