



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월09일

(11) 등록번호 10-2274683

(24) 등록일자 2021년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/44 (2006.01) H01L 51/42 (2006.01)(52) CPC특허분류
H01L 51/441 (2013.01)
H01L 51/4253 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0069606

(22) 출원일자 2020년06월09일

심사청구일자 2020년06월09일

(56) 선행기술조사문헌

J. MATER. CHEM. A, 2014, 2, 20474_20480*

KR101125075 B1*

KR1020180025823 A*

KR1020170069370 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

박혜성

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

구동환

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 18 항

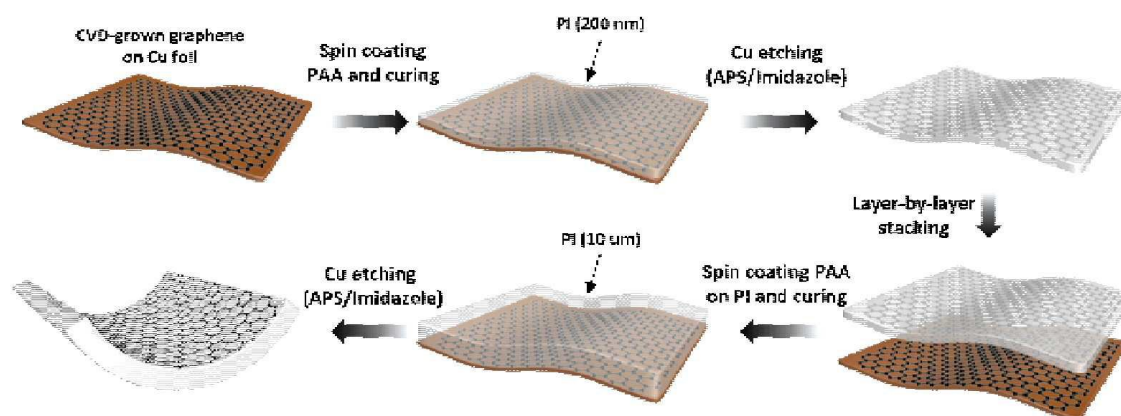
심사관 : 정미나

(54) 발명의 명칭 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극 및 이를 포함하는 태양전지

(57) 요약

본 발명에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 광 투과도 및 기계적 유연성이 우수한 태양전지용 전극으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법은, 제1 금속 기재 상에 그래핀 층을 증착하는 단계; 상기 그래핀 층 상에 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계; 상기 제1 금속 기재를 제거하여 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계; 상기 폴리이미드-그래핀 복합체의 일 면 상에 제2 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 상기 폴리이미드-그래핀 복합체에 있어서, 상기 제2 금속 기재-그래핀 복합체가 적층된 면의 반대측 면 상에 폴리이미드 기판을 형성하는 단계; 및 상기 제2 금속 기재를 제거하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711089196
 과제번호 2019R1A2C1009025
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
 연구과제명 우수한 광흡수, 유연성, 내화확성이 확보된 반데르발스 이중 접합 기반 광활성층 합
 성 기술 개발 및 고효율·초박막·초경량 태양전지 구현
 기 여 율 1/3
 과제수행기관명 울산과학기술원
 연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711108855
 과제번호 2019R1A2C1009025
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
 연구과제명 우수한 광흡수, 유연성, 내화확성이 확보된 반데르발스 이중 접합 기반 광활성층 합
 성 기술 개발 및 고효율·초박막·초경량 태양전지 구현
 기 여 율 1/3
 과제수행기관명 울산과학기술원
 연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711108893
 과제번호 2019R1A4A1029237
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 집단연구지원(R&D)
 연구과제명 니어제로 김스에너지 페로브스카이트 전기촉매 기초연구실
 기 여 율 1/3
 과제수행기관명 울산과학기술원
 연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

제1 금속 기재 상에 그래핀 층을 증착하는 단계;

상기 그래핀 층 상에 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계;

상기 제1 금속 기재를 제거하여 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계;

상기 폴리이미드-그래핀 복합체의 일 면 상에 제2 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계;

상기 폴리이미드-그래핀 복합체에 있어서, 상기 제2 금속 기재-그래핀 복합체가 적층된 면의 반대측 면 상에 폴리이미드 기판을 형성하는 단계; 및

상기 제2 금속 기재를 제거하는 단계;를 포함하고,

상기 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계는, 150 nm 내지 250 nm의 두께로 폴리아믹산을 코팅하는 단계; 및 상기 폴리아믹산을 경화시키는 단계;를 포함하는 것이고,

상기 폴리이미드 기판을 형성하는 단계는, 폴리아믹산을 코팅하는 단계; 및 상기 폴리아믹산을 경화시키는 단계;를 포함하는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 그래핀 층을 증착하는 단계는, 화학기상증착법으로 수행되는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 금속 기재, 상기 제2 금속 기재 또는 둘 다는, 구리, 니켈 및 백금으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 폴리아믹산을 코팅하는 단계는, 스핀 코팅, 바 코팅, 롤-투-롤 코팅 또는 블레이드 코팅의 방법에 의해 수행되는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계는, 암모늄 퍼설페이트(Ammonium Persulfate; APS)/이미다졸(Imidazole) 혼합용액, 염화제이철(FeCl_3), 염산(HCl) 및 질산(HNO_3)으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 용액을 이용하여 상기 제1 금속 기재의 일부 또는 전부가 식각되는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제2 금속 기재를 제거하는 단계는, 암모늄 퍼설페이트(Ammonium Persulfate; APS)/이미다졸(Imidazole) 혼합용액, 염화제이철(FeCl_3), 염산(HCl) 및 질산(HNO_3)으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 용액을 이용하여 상기 제2 금속 기재의 일부 또는 전부가 식각되는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계; 이후에

상기 폴리이미드-그래핀 복합체의 일 면 상에 제3 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 및

상기 제3 금속 기재를 제거하는 단계;를 더 포함하는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제3 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 및 상기 제3 금속 기재를 제거하는 단계;는, 복수 회 수행되는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법.

청구항 11

폴리이미드 기판; 및

그래핀 층;을 포함하고,

제1항 내지 제3항, 제5항 및 제7항 내지 제10항 중 어느 하나의 방법에 의해 제조되는 것인,

그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극.

청구항 12

제11항에 있어서,
상기 그래핀 층은, 복수 개의 층으로 형성되는 것인,
그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극.

청구항 13

제11항에 있어서,
상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 두께가 5 μm 내지 20 μm 인 것인,
그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극.

청구항 14

제11항에 있어서,
상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA)-프리인 것인,
그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극.

청구항 15

제11항에 있어서,
상기 그래핀 층 및 상기 폴리이미드 기판 사이의 접착력은, 4 nN 내지 10 nN인 것인,
그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극.

청구항 16

제11항에 있어서,
상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 가시광선 영역의 빛을 조사하였을 때의 광투과도가 90% 이상인 것인,
그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극.

청구항 17

제11항에 있어서,
상기 그래핀 층의 수(N_{gl}) 및 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 면저항(Sheet resistance; R_{sh})이 아래의 수식을 만족하는 것인,
그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극:

[수식]

$$N_{gl} \cdot R_{sh} \leq 100 + 95 N_{gl}.$$

청구항 18

양극으로서 제11항의 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극;

광활성층;

전하전달층; 및

음극;을 포함하는,

유연 투명 전극을 포함하는 태양전지.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 전하전달층은, PEDOT:PSS(Poly(styrenesulfonate)-doped poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PDINO(Perylene diimide amino N-oxide), ZnO 및 MoO₃으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것 이고,

상기 음극은, Ca, LiF, Al, Ag 및 Au로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 금속을 포함하는 것인,

유연 투명 전극을 포함하는 태양전지.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 광활성층은, PM6:Y6, PJ2:IDIC, PBDBT:ITIC, PTB7-Th:PC₇₁BM, PTB7:PC₇₁BM 및 P3HT:PC₆₁BM으로 이루어진 군 에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인,

유연 투명 전극을 포함하는 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극 및 이를 포함하는 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양전지는 반도체 혹은 염료, 고분자 등의 물질로 이루어진 것으로서, 빛 에너지를 받으면 반도체가 가지는 광 전 효과에 의해 전기 에너지가 발생하는 신재생 에너지 기술이다.

[0003] 태양전지는 전기적 성질이 다른 N형 반도체와 P형 반도체를 접합시킨 구조로 태양전지에 빛을 비추면 반도체 내 의 전자는 N형 반도체로, 정공은 P형 반도체로 이동함에 따라 양극과 음극 사이에 전위차(광 기전력)가 발생하 게 되고, 이 때 태양전지의 양 극에 부하를 연결하며 전류가 흐르게 된다.

[0004] 현재 태양광 산업의 대부분을 차지하고 있는 실리콘 기반 무기 태양전지의 경우 30%가 넘는 높은 광전변환효율 (power conversion efficiency, PCE)을 가지지만 설치 공간에 제약이 따르고 공정 과정이 복잡하다는 단점이 있 어 차세대 태양전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0005] 이 중 유기 태양전지는 가볍고 유연한 특성으로 인해 실생활 곳곳에 적용되기 적합하며, 유기 태양전지의 효율 및 안전성 향상을 중심으로 많은 연구가 진행되고 있다.

[0006] 그러나, 대부분의 유기 태양전지 전극에 이용되는 인듐주석산화물(indium tin oxide, ITO)은 전기 전도도와 투 과도가 뛰어나지만 화학적 안정성이 떨어지고 깨지기 쉬운 성질이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 상술한 문제를 해결하기 위해, 본 발명의 목적은 그래핀을 이용하여 이에 기반한 일체형 유연 투명 전극으로서 유연하고 광 투과도가 높은 태양전지용 전극을 제공하고자 하는 것이다.
- [0008] 또한, 본 발명의 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법을 통해 우수한 전기전도도 및 기계적 내구성을 지니는 태양전지용 투명 전극을 제조하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 측면에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법은, 제1 금속 기재 상에 그래핀 층을 증착하는 단계; 상기 그래핀 층 상에 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계; 상기 제1 금속 기재를 제거하여 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계; 상기 폴리이미드-그래핀 복합체의 일 면 상에 제2 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 상기 폴리이미드-그래핀 복합체에 있어서, 상기 제2 금속 기재-그래핀 복합체가 적층된 면의 반대측 면 상에 폴리이미드 기판을 형성하는 단계; 및 상기 제2 금속 기재를 제거하는 단계;를 포함하는 것이다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 층을 증착하는 단계는, 화학기상증착법으로 수행되는 것일 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 금속 기재, 상기 제2 금속 기재 또는 둘 다는, 구리, 니켈 및 백금으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계, 상기 폴리이미드 기판을 형성하는 단계 또는 둘 다는, 폴리아믹산을 코팅하는 단계; 및 상기 폴리아믹산을 경화시키는 단계;를 포함하는 것일 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리아믹산을 코팅하는 단계는, 스핀 코팅, 바 코팅, 롤-투-롤 코팅 또는 블레이드 코팅의 방법에 의해 수행되는 것일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계는, 폴리아믹산을 코팅하는 단계; 및 상기 폴리아믹산을 경화시키는 단계;를 포함하는 것이고, 상기 폴리아믹산을 코팅하는 단계는, 상기 폴리아믹산이 150 nm 내지 250 nm의 두께가 되도록 코팅되는 것일 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계는, 암모늄 퍼설파이트(Ammonium Persulfate; APS)/이미다졸(Imidazole) 혼합용액, 염화제이철(FeCl_3), 염산(HCl) 및 질산(HNO_3)으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 용액을 이용하여 상기 제1 금속 기재의 일부 또는 전부가 식각되는 것일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제2 금속 기재를 제거하는 단계는, 암모늄 퍼설파이트(Ammonium Persulfate; APS)/이미다졸(Imidazole) 혼합용액, 염화제이철(FeCl_3), 염산(HCl) 및 질산(HNO_3)으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 용액을 이용하여 상기 제2 금속 기재의 일부 또는 전부가 식각되는 것일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계; 이후에 상기 폴리이미드-그래핀 복합체의 일 면 상에 제3 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 및 상기 제3 금속 기재를 제거하는 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제3 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 및 상기 제3 금속 기재를 제거하는 단계;는, 복수 회 수행되는 것일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 다른 측면에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 폴리이미드 기판; 및 그래핀 층;을 포함하고, 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의해 제조된다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 층은, 복수 개의 층으로 형성되는 것일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 두께가 5 μm 내지 20 μm 인 것일 수 있다.

- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA)-프린인 것일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 층 및 상기 폴리이미드 기판 사이의 접착력은, 4 nN 내지 10 nN인 것일 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 가시광선 영역의 빛을 조사하였을 때의 광투과도가 90% 이상인 것일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 층의 수(N_{gl}) 및 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 면저항(Sheet resistance; R_{sh})이 아래의 수식을 만족하는 것일 수 있다.
- [0026] [수식]
- [0027]
$$N_{gl} R_{sh} \leq 100 + 95 N_{gl} .$$
- [0028] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 유연 투명 전극을 포함하는 태양전지는, 양극으로서 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극; 광활성층; 전하전달층; 및 음극;을 포함한다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전하전달층은, PEDOT:PSS(Poly(styrenesulfonate)-doped poly(3,4-ethylenedioxythiophene)), PDINO(Perylene diimide amino N-oxide), ZnO 및 MoO₃으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것이고, 상기 음극은, Ca, LiF, Al Ag 및 Au로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 금속을 포함하는 것일 수 있다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광활성층은, PM6:Y6, PJ2:IDIC, PBDBT:ITIC, PTB7-Th:PC₇₁BM, PTB7:PC₇₁BM 및 P3HT:PC₆₁BM으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은 유연하고 광 투과도가 높은 태양전지용 전극을 제공할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법을 이용하여 우수한 전기전도도 및 기계적 내구성을 지니는 태양전지용 투명 전극을 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 발명의 일 측면에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법을 나타낸 모식도이다.
- 도 2는 실시예 및 비교예 1, 3, 4의 전극에 대한 광 투과도 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 3은 실시예 및 비교예 3 내지 4의 전극에 대한 면저항의 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 실시예 및 비교예 4의 전극에 대한 표면 AFM 이미지이다.
- 도 5는 실시예 및 비교예 3 내지 4의 전극에 대한 접착력을 측정하여 나타낸 그래프이다.
- 도 6은 실시예 및 비교예 2 내지 4의 전극에 대한 1,000회 굽힘 반복 시험 결과 그래프(좌) 및 실시예 및 비교예 3 내지 4의 전극에 대한 5 mm 곡률반경 하에서의 굽힘 반복 시험 결과 그래프(우)이다.
- 도 7은 실시예, 비교예 1, 2 및 4의 전극에 대한 전류밀도(J)-전압(V) 그래프이다.
- 도 8은 실시예, 비교예 1, 2 및 4의 전극에 대한 외부양자효율(EQE)을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.
- [0035] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단

수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0036] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 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.
- [0037] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0038] 또한, 실시 예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0039] 어느 하나의 실시 예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시 예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0041] 본 발명의 일 측면에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법은, 제1 금속 기재 상에 그래핀 층을 증착하는 단계; 상기 그래핀 층 상에 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계; 상기 제1 금속 기재를 제거하여 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계; 상기 폴리이미드-그래핀 복합체의 일 면 상에 제2 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 상기 폴리이미드-그래핀 복합체에 있어서, 상기 제2 금속 기재-그래핀 복합체가 적층된 면의 반대측 면 상에 폴리이미드 기판을 형성하는 단계; 및 상기 제2 금속 기재를 제거하는 단계;를 포함한다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 합성되는 폴리이미드는 다기능성인 것으로서, 기존에 그래핀 지지층으로 이용되던 PMMA(polymethyl methacrylate)를 대체하는 것일 수 있다. 그래핀 전극의 전사 과정에서 그래핀 지지층으로서 절연성 PMMA가 이용될 수 있는데, 전사 이후 이를 제거할 시 그래핀 표면 상에 잔류하여 전극의 전기전도도 감소를 야기하는 문제점이 있었다.
- [0043] 실제로, PMMA를 지지층으로 이용한 비일체형 유연 전극인 PET(polyethylene terephthalate)/GR(graphene) 또는 PI(polyimide)/GR 전극의 경우 절연성 PMMA 잔여물이 완벽하게 제거되지 않아 전기전도도가 낮은 그래핀 전극을 형성하였다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 전극과 기판 사이의 불순물 및 공기 방울 등을 최소화하여 기판과의 접촉력을 향상시킴으로써 그래핀 기반 전극의 기계적 유연성 및 내구성을 향상시킬 수 있다.
- [0045] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 높은 광 투과도를 가지는 것으로서, 태양전지의 광활성층에 도달 및 흡수되는 빛 에너지가 향상되고 전하 발생량이 증가되어 15 % 이상의 광전변환 효율을 가지는 것일 수 있다.
- [0046] 도 1은 본 발명의 일 측면에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법을 나타낸 모식도이다.
- [0047] 도 1을 참조하면, 금속 기재의 일 예시로서 구리 상에 그래핀 층을 증착하는 단계, 그래핀 층 상에 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계, 구리 기재를 제거하는 단계, 구리 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계, 폴리이미드 지지층 상에 폴리이미드 기판을 형성하는 단계 및 구리 기재를 제거하는 단계를 통해 폴리이미드와 그래핀이 일체로 적층된 그래핀 전극을 제조할 수 있다.
- [0048] 폴리이미드-그래핀 복합체의 적층되는 제2 금속 기재-그래핀 복합체는, 제2 금속 기재 상에 그래핀을 화학기상 증착법을 통하여 형성하는 것일 수 있으며, 폴리이미드-그래핀 복합체의 그래핀이 형성되어 있는 면에 제2 금속

기재-그래핀 복합체가 적층되는 것일 수 있다.

- [0049] 제2 금속 기재-그래핀 복합체는 폴리이미드-그래핀 복합체의 일 면에 적층되는 것일 수 있으며, 폴리이미드-그래핀 복합체의 그래핀 부와 제2 금속 기재-그래핀 복합체의 그래핀 부가 서로 맞닿도록 적층되는 것일 수 있다.
- [0050] 상기와 같이, 그래핀끼리 맞닿도록 적층되는 경우 본 발명의 전극의 정전 용량이 증가하고 그래핀 층의 흠결이 있을 때 다른 그래핀 층을 적층함으로써 그래핀의 흠결을 보완할 수 있는 장점이 있다.
- [0052] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드 기관은, 5 μm 내지 20 μm 가 되도록 형성되는 것일 수 있다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 층을 증착하는 단계는, 화학기상증착법으로 수행되는 것일 수 있다.
- [0055] 그래핀의 화학기상증착 단계는, 고온에서 Ni, Cu 또는 Pt 등의 탄소에 쉽게 흡착되는 금속을 기관 상에 촉매층으로 증착하고, 메탄, 수소 등이 존재하는 혼합가스 분위기와 1,000 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온 조건에서 탄소가 촉매층과 반응한 후, 탄소가 촉매층과 반응한 후 냉각을 시켜 형성하는 것일 수 있다.
- [0057] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 금속 기재는, 구리, 니켈 및 백금으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 금속 기재, 제2 금속 기재 또는 둘 다는, 구리, 니켈 및 백금으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [0059] 그래핀을 전사하기 위해서는 우선, 그래핀을 성장시킬 수 있는 금속 기재가 필요하다. 본 발명의 일 예시로서, 구리를 금속 기재로 이용할 수 있다.
- [0060] 그래핀 상에 코팅된 폴리아믹산을 경화시키면 폴리이미드가 합성되는데, 금속 기재를 제거함으로써 금속 기재 상에서 성장시켰던 그래핀이 폴리이미드로 전사되고, 그래핀 전극층을 형성할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 일 예시로서, 금속 기재 역시 구리인 것일 수 있으며, 금속 기재 상에 그래핀 층을 적층하여 원하는 두께의 폴리이미드 기관을 포함한 그래핀 전극을 제조한 뒤 금속 기재를 제거하여 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극을 제조할 수 있다.
- [0063] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계, 상기 폴리이미드 기관을 형성하는 단계 또는 둘 다는, 폴리아믹산을 코팅하는 단계; 및 상기 폴리아믹산을 경화시키는 단계;를 포함하는 것일 수 있다.
- [0064] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리아믹산은, 디아민 및 디엔하이드라이드(dianhydride)를 이용하여 합성되는 것일 수 있다.
- [0065] 보다 구체적으로, 본 발명의 폴리아믹산은, 4,4'-(헥사 플루오로이소 프로필리덴) 디프탈산 무수물(4,4'-(hexafluoroisopropylidene)diphthalic anhydride (6FDA) dianhydride 및 방향족 디아민인 비스(3-아미노페닐)설폰 (bis(3-aminophenyl) sulfone (APS) diamine)을 이용하여 합성되는 것일 수 있다.
- [0067] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리아믹산을 코팅하는 단계는, 스핀 코팅, 바 코팅, 롤-투-롤 코팅 또는 블레이드 코팅의 방법에 의해 수행되는 것일 수 있다.
- [0069] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드 지지층을 형성하는 단계는, 폴리아믹산을 코팅하는 단계 및 폴리아믹산을 경화시키는 단계를 포함하는 것이고, 상기 폴리아믹산을 코팅하는 단계는, 상기 폴리아믹산이 150 nm 내지 250 nm의 두께가 되도록 코팅되는 것일 수 있다.
- [0070] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 폴리아믹산을 경화시켜 형성된 폴리이미드 지지층의 두께는, 150 nm 내지 250 nm인 것일 수 있다.
- [0071] 폴리아믹산을 150 nm 미만의 두께로 코팅하는 경우 강도가 약해서 그래핀 층의 지지층으로서 적합하지 않으며, 250 nm 초과 두께로 코팅하는 경우 그래핀의 적층이 원활하지 않은 단점이 발생할 수 있다.
- [0072] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 폴리아믹산의 코팅은, 폴리이미드 지지층의 두께를 고려하여 수행되는 것일 수 있다.
- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계는, 암모늄 퍼설파이트 (Ammonium Persulfate; APS)/이미다졸(Imidazole) 혼합용액, 염화제이철(FeCl_3), 염산(HCl) 및 질산(HNO_3)으로

이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 용액을 이용하여 상기 제1 금속 기재의 일부 또는 전부가 식각되는 것일 수 있다.

[0076] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제2 금속 기재를 제거하는 단계는, 암모늄 퍼설파이트(Ammonium Persulfate; APS)/이미다졸(Imidazole) 혼합용액, 염화제이철(FeCl_3), 염산(HCl) 및 질산(HNO_3)으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 용액 이용하여 상기 금속 기재의 일부 또는 전부가 식각되는 것일 수 있다.

[0077] 그러나, 제1 금속 기재, 제2 금속 기재 또는 둘 다를 제거할 수 있는 물질이면 이용될 수 있는 것이고, 상기 기재에 한정되는 것은 아니다.

[0079] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 폴리이미드-그래핀 복합체를 제조하는 단계; 이후에 상기 폴리이미드-그래핀 복합체의 일 면 상에 제3 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 및 상기 제3 금속 기재를 제거하는 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0080] 제3 금속 기재 역시, 상술한 제1 금속 기재 또는 제2 금속 기재와 마찬가지로 구리, 니켈 및 백금으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

[0081] 또한, 제3 금속 기재를 제거하는 단계는, 암모늄 퍼설파이트(Ammonium Persulfate; APS)/이미다졸(Imidazole) 혼합용액, 염화제이철(FeCl_3), 염산(HCl) 및 질산(HNO_3)으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 용액을 이용하여 상기 제3 금속 기재의 일부 또는 전부가 식각되는 것일 수 있다.

[0083] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제3 금속 기재-그래핀 복합체를 적층하는 단계; 및 상기 제3 금속 기재를 제거하는 단계;는, 복수 회 수행되는 것일 수 있다.

[0084] 이 때, 제3 금속 기재-그래핀 복합체는, 폴리이미드-그래핀 복합체의 그래핀이 형성된 측면에 적층되는 것일 수 있으며, 보다 바람직하게는, 폴리이미드-그래핀 복합체의 그래핀 부와 제3 금속 기재-그래핀 복합체의 그래핀 부가 서로 맞닿도록 적층되는 것일 수 있다.

[0085] 상기과 같이, 그래핀끼리 맞닿도록 적층되는 경우 본 발명의 전극의 정전 용량이 증가하고 그래핀 층의 흡결이 있을 때 다른 그래핀 층을 적층함으로써 그래핀의 흡결을 보완할 수 있는 장점이 있다.

[0086] 또한, 그래핀 층을 적층하는 단계를 복수 회 수행함으로써, 본 발명의 일체형 유연 투명 전극의 면저항을 감소시킬 수 있고, 보다 큰 정전용량을 가질 수 있다는 장점이 있다.

[0088] 본 발명의 다른 측면에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 폴리이미드 기판; 및 그래핀 층;을 포함하고, 본 발명의 일 측면에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 제조방법에 의해 제조되는 것일 수 있다.

[0089] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 층은, 복수 개의 층으로 형성되는 것일 수 있다.

[0091] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 5 μm 내지 20 μm 의 두께를 가지는 것일 수 있다.

[0092] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 바람직하게는 10 μm 내지 15 μm 인 것일 수 있다.

[0094] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA)-프리인 것일 수 있다.

[0095] 폴리메틸 메타크릴레이트는, 일반적으로 태양전지 전극에 이용되는 물질로서, 그래핀 전극의 전사 이후 제거되어야 하는 것이지만, 완벽하게 제거가 불가능하여 태양전지 제조 이후에도 그래핀의 전기적 특성을 방해하는 요소가 될 수 있다.

[0096] 그러나, 본 발명의 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 폴리메틸 메타크릴레이트-프리인 것으로서, 그래핀 층에 불순물로서 남아 있지 않고, 그래핀의 전기적 특성에 영향을 주지 않음으로써 보다 높은 광전 변환 효율을 지닐 수 있게 할 수 있다.

[0098] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 층 및 상기 폴리이미드 기판 사이의 접착력은, 4 nN 내지 10 nN인 것일 수 있다.

[0099] 보다 바람직하게는, 상기 그래핀 전극층 및 상기 폴리이미드 기판 사이의 접착력은, 7 nN 내지 10 nN인 것일 수

있다.

- [0101] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 가시광선 영역의 빛을 조사하였을 때의 광 투과도가 90 % 이상인 것일 수 있다.
- [0102] 보다 바람직하게는, 본 발명에 따른 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 가시광선 영역의 빛을 조사하였을 때, 광투과도 95 % 이상인 것일 수 있다.
- [0104] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극은, 상기 그래핀 층의 수(N_{gl}) 및 상기 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 면저항(Sheet resistance; R_{sh})이 아래의 수식을 만족하는 것일 수 있다.
- [0105] [수식]
- [0106]
$$N_{gl} R_{sh} \leq 100 + 95 N_{gl}$$
- [0107] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 그래핀 층의 수가 많을수록 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극의 면저항은 감소하는 반비례 관계를 가진다.
- [0109] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 유연 투명 전극을 포함하는 태양전지는, 양극으로서 본 발명의 그래핀 기반 일체형 유연 투명 전극; 광활성층; 전하전달층; 및 음극;을 포함한다.
- [0111] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전하전달층은, PEDOT:PSS(Poly(styrenesulfonate)-doped poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PDINO(Perylene diimide amino N-oxide), ZnO 및 MoO_3 으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것이고,
- [0112] 상기 음극은, Ca, LiF, Al, Ag 및 Au로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 금속을 포함하는 것일 수 있다.
- [0113] 음극 물질은, 일함수가 낮은 금속이면 이용가능한 것이며, 상기 기재에 한정되는 것은 아니다.
- [0115] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광활성층은, PM6:Y6, PJ2:IDIC, PBDBT:ITIC, PTB7-Th:PC₇₁BM, PTB7:PC₇₁BM 및 P3HT:PC₆₁BM으로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [0117] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.
- [0118] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0120] 실시예: PI@GR 전극
- [0121] 구리 포일 상에 화학기상증착법을 이용하여 그래핀을 성장시켰다. 상기 그래핀 상에 폴리아믹산을 코팅한 후 이를 경화시켜 200 nm 두께의 폴리이미드 지지층을 형성하였고, APS/이미다졸 혼합 용액을 이용하여 구리 포일을 에칭하였다. 이렇게 제조된 폴리이미드-그래핀 복합체를 구리 포일/그래핀 상에 적층하였고, 10 μ m 두께의 폴리이미드 기판을 형성하였다. 이후, 다시 APS/이미다졸 혼합 용액을 이용하여 구리 포일을 에칭함으로써 그래핀 기반 일체형 유연 전극을 제조하였다.
- [0123] 비교예 1: Glass/ITO 전극
- [0124] 약 1.0 mm의 유리 기판 상에 ITO를 150 nm 증착시켜 Glass/ITO 전극을 제조하였다.
- [0126] 비교예 2: PET/ITO 전극
- [0127] PET 기판 상에 ITO를 150 nm 증착시켜 PET/ITO 전극을 제조하였다.
- [0129] 비교예 3: PET/GR 전극
- [0130] 구리 포일 상에 화학기상증착법을 이용하여 그래핀을 성장시켰다. 상기 그래핀 상에 PMMA를 코팅한 후 APS/이미다졸 혼합 용액을 이용하여 구리 포일을 에칭하였다. 이렇게 제조된 그래핀 전극층을 PET 기판 상에 전사하였고, PMMA를 제거하여 PET/GR 전극을 제조하였다.
- [0132] 비교예 4: PI/GR 전극
- [0133] 구리 포일 상에 화학기상증착법을 이용하여 그래핀을 성장시켰다. 상기 그래핀 상에 PMMA를 코팅한 후 APS/이미다졸 혼합 용액을 이용하여 구리 포일을 에칭하였다. 이렇게 제조된 그래핀 전극층을 PI 기판 상에 전사하였고,

PMMA를 제거하여 PI/GR 전극을 제조하였다.

- [0135] 실험예 1: 광 투과도 측정
- [0136] 실시예의 PI@GR 전극 및 비교예 1, 3, 4의 전극에 대하여 파장에 따른 광 투과도를 측정하였다.
- [0137] 도 2는 실시예 및 비교예 1, 3, 4의 전극에 대한 광 투과도 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0138] 도 2를 참조하면, 실시예 및 비교예 4의 전극이 광역대의 파장에 대해 96 %가 넘는 투과도를 보이는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 이용한 태양전지의 효율을 증대시켜 줄 수 있음을 알 수 있었다.
- [0140] 실험예 2: 면저항의 측정
- [0141] 실시예 및 비교예 3 내지 4의 전극에 대하여 그래핀 전극층의 수에 대한 면저항을 측정하였다.
- [0142] 도 3은 실시예 및 비교예 3 내지 4의 전극에 대한 면저항의 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0143] 도 3을 참조하면, 실시예의 PI@GR 전극이 그래핀 전극층의 수에 대비하여 면저항이 가장 적은 것을 확인할 수 있었다.
- [0144] 이는, PMMA를 전사 지지체로서 이용하지 않아 절연성 불순물이 발생하지 않기 때문에 본 발명에 따른 일체형 투명 유연 전극의 면저항이 가장 낮은 것으로 보인다.
- [0146] 실험예 3: 표면 AFM 이미지 관찰
- [0147] 실시예 및 비교예 4의 전극에 대하여 전극 표면의 AFM 분석을 수행하였다.
- [0148] 도 4는 실시예 및 비교예 4의 전극에 대한 표면 AFM 이미지이다.
- [0149] 도 4를 참조하면, PMMA를 전사 지지층으로 이용한 비교예 4의 PI/GR 전극에 비해 실시예의 PI@GR 전극의 표면이 매끄러운 것을 관찰할 수 있으며, 표면 불순물이 현저하게 적은 것을 확인할 수 있다.
- [0151] 실험예 4: 접착력 측정
- [0152] 실시예 및 비교예 3 내지 4의 전극에 대하여 전극의 기판 및 그래핀 사이의 접착력을 측정하였다.
- [0153] 도 5는 실시예 및 비교예 3 내지 4의 전극에 대한 접착력을 측정하여 나타낸 그래프이다.
- [0154] 도 5를 참조하면, 비일체형 전극인 비교예 3 내지 4의 그래핀 전극에 비해 실시예에 따른 일체형 그래핀 기반 전극의 접착력이 2배 이상 확연히 높은 것을 확인할 수 있었다.
- [0156] 실험예 5: 전극의 기계적 유연성 및 내구성 측정
- [0157] 실시예 및 비교예 2 내지 4의 전극에 대하여 전극의 기계적 유연성 및 내구성을 측정하였다.
- [0158] 도 6은 실시예 및 비교예 2 내지 4의 전극에 대한 1,000회 굽힘 반복 시험 결과 그래프(좌) 및 실시예 및 비교예 3 내지 4의 전극에 대한 5 mm 곡률반경 하에서의 굽힘 반복 시험 결과 그래프(우)이다.
- [0159] 도 6을 참조하면, 낮은 곡률 반경 하에서 1,000회 굽힘 반복 시험을 거쳐도 실시예의 PI@GR 전극은 면저항의 변화가 크지 않으며 이를 통해 기존 유연 전극 대비 기계적 유연성이 우수한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 도 6을 참조하면, 5 mm 곡률반경 하에서 거듭되는 굽힘 반복을 수행하여도 비교예 3 내지 4의 전극에 비해 면저항이 일정하게 유지되어 역시 우수한 기계적 내구성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.
- [0161] 실험예 6: 광전변환효율 측정
- [0162] 실시예, 비교예 1, 2 및 4의 전극에 대하여 전극의 전류 밀도 및 광전변환효율을 측정하였다.
- [0163] 도 7은 실시예, 비교예 1, 2 및 4의 전극에 대한 전류밀도(J)-전압(V) 그래프이다.
- [0164] 또한, 실시예, 비교예 1, 2 및 4의 전극에 대하여 전류 밀도, 개방전압, 필팩터 및 광전변환효율을 계산하여 아래 표 1에 나타내었다.
- [0165] 이 때, 각각의 전극에 대하여 20번 반복 실험한 후 각각의 수치를 평균내었다.

표 1

전극	전극 면적 [mm ²]	단락 전류 밀도 (J _{sc}) [mA cm ⁻²]	개방전압 (V _{oc}) [V]	필팩터 [%]	광전변환효율 [%]	통합 단락전류밀도 [mA cm ⁻²]
실시예	4.2	25.8	0.84	70.2	15.2	24.9
비교예 1	4.2	25.0	0.85	74.0	15.7	24.1
비교예 2	4.2	24.6	0.83	72.6	14.8	23.8
비교예 4	4.2	25.3	0.83	68.2	14.3	24.5

상기 표 1 및 도 7을 참조하면, 실시예의 PI@GR 전극은 높은 광 투과도 및 낮은 면저항을 바탕으로 비교예 2 및 4의 전극 대비 우수한 광전변환효율을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 15.2 %에 달하는 광전변환효율은 기존의 그래핀을 포함하는 태양전지 전극으로서는 도달하지 못했던 수치로서, 본 발명에 따른 그래핀 기반 유연 투명 전극은 이를 달성할 수 있는 장점이 있다.

실험예 7: 외부양자효율 측정

실시예, 비교예 1, 2 및 4의 전극에 대하여 외부양자효율(EQE)을 측정하였다.

도 8은 실시예, 비교예 1, 2 및 4의 전극에 대한 외부양자효율(EQE)을 나타낸 그래프이다.

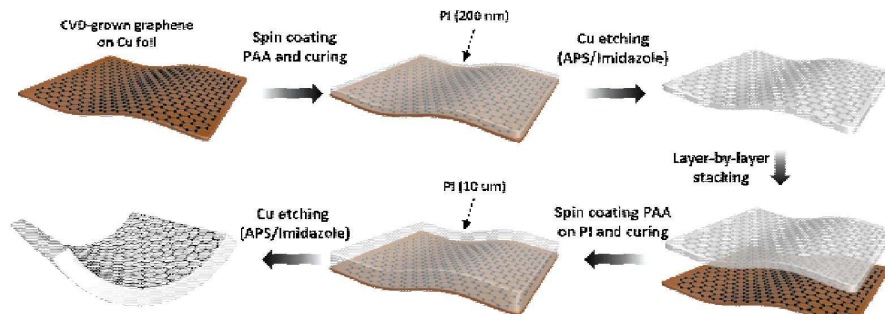
도 8을 참조하면, 실시예에 따른 PI@GR 전극은 상대적으로 높은 외부양자효율을 가지며, 높은 광투과도에 의해 향상된 광흡수량을 가지는 것을 확인할 수 있다.

이상과 같이 실시예들이 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

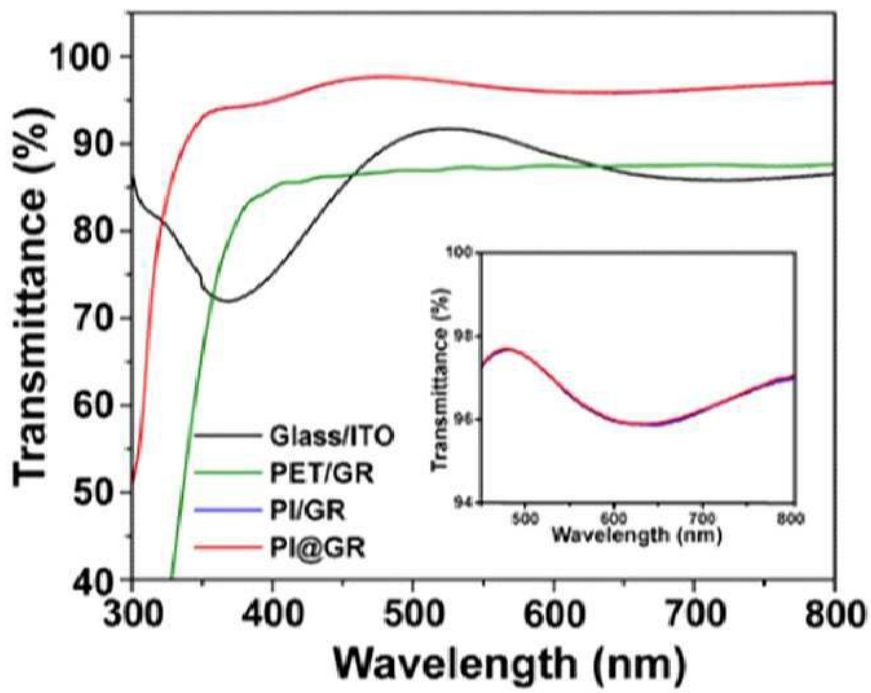
그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

도면

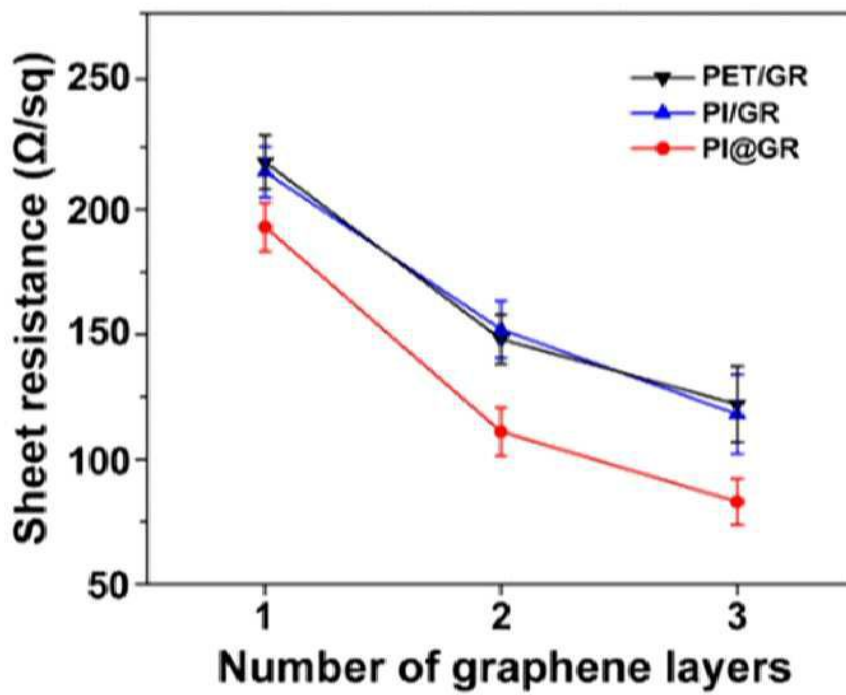
도면1



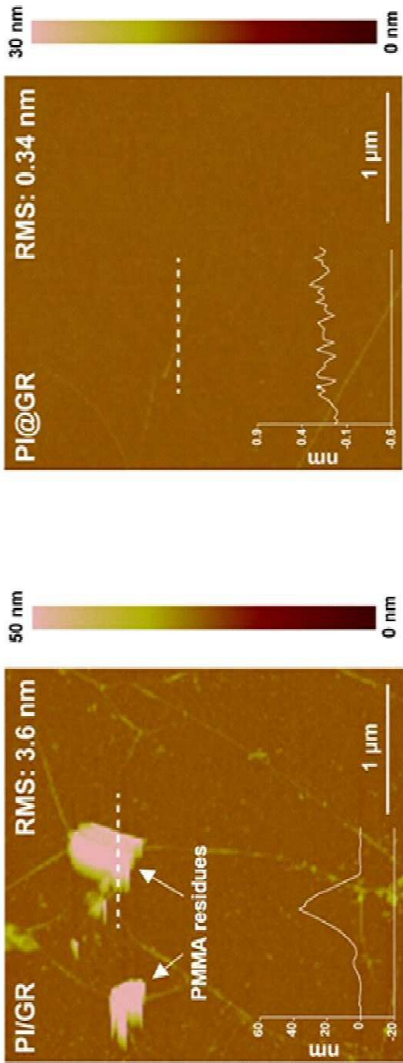
도면2



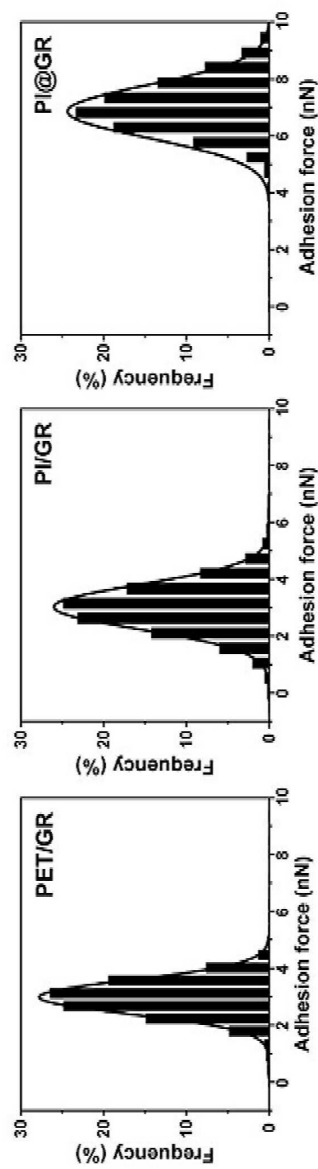
도면3



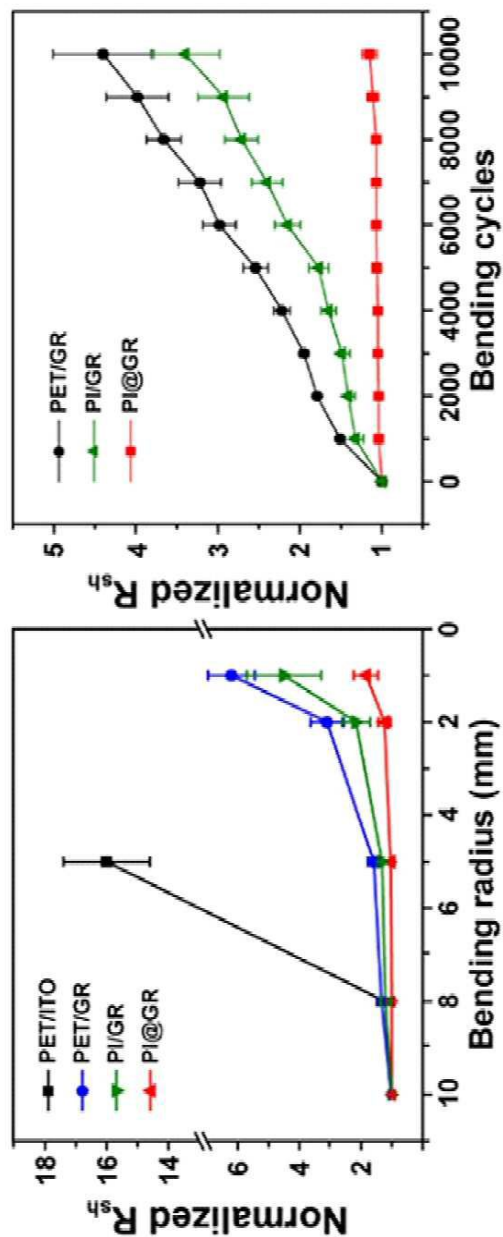
도면4



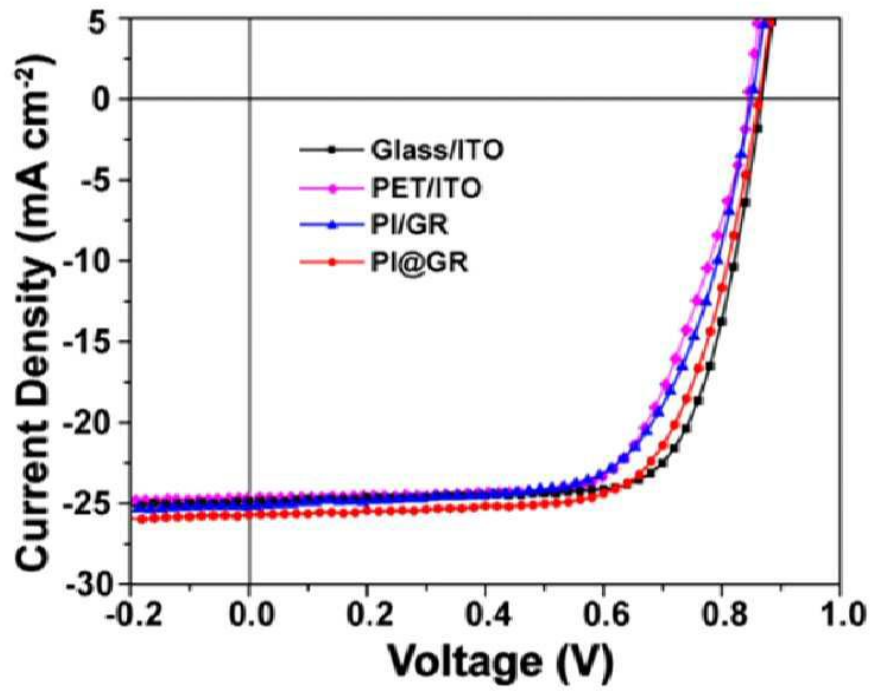
도면5



도면6



도면7



도면8

