



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년06월13일  
 (11) 등록번호 10-1405464  
 (24) 등록일자 2014년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01L 31/04 (2014.01) H01L 31/06 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-0016271  
 (22) 출원일자 2011년02월24일  
 심사청구일자 2013년05월28일  
 (65) 공개번호 10-2012-0096978  
 (43) 공개일자 2012년09월03일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 Xinming Li et al., "Graphene-On-Silicon  
 Schottky Junction Solar Cells", Adv. Mat.,  
 Vol.22, pp.2743-2748 (2010.04.09)  
 US20110024792 A1  
 KR1020100019728 A

(73) 특허권자  
 그래핀스퀘어 주식회사  
 서울특별시 강남구 봉은사로72길 18, 301(삼성동)  
 (72) 발명자  
**안종현**  
 경기도 수원시 팔달구 권광로 246, 101동 1602호  
 (인계동, 래미안 노블클래스)  
**홍병희**  
 서울특별시 강남구 봉은사로72길 18, 202호 (삼성동)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 30 항

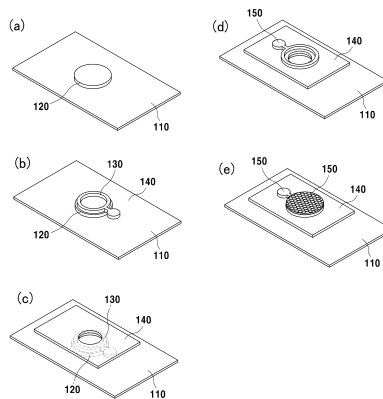
심사관 : 방기인

(54) 발명의 명칭 **플렉서블 태양전지 및 그의 제조방법**

**(57) 요약**

활성층, 전극, 반사방지막 등으로서 다기능을 하는 그래핀을 이용한 플렉서블 태양전지 및 그의 제조방법에 관한 것이다. 본원에 의하여, 그래핀과 얇은 반도체 박막을 이용하여 반투명 태양전지를 제조할 수 있고, 플렉서블하고 투명한 태양전지를 제공할 수 있다. 또한, 본원에서의 그래핀은 활성층, 전극, 반사방지막 등으로서 다기능을 할 수 있으며, 기계적/전기적 특성이 우수한 그래핀을 이용함으로써 효율이 개선되어 우수한 성능과 가격의 저렴화를 실현할 수 있다.

**대표도** - 도2



(72) 발명자

**이승기**

경기 수원시 장안구 서부로 2066

**양차오**

경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교  
성균나노과학기술원 (천천동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20100019109

부처명 교육과학기술부

연구사업명 나노원천기술개발사업

연구과제명 플렉서블 광소자 구현을 위한 그래핀 기반 투명전극 개발

기여율 1/1

주관기관 성균관대학교산학협력단

연구기간 2010.06.01 ~ 2011.05.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

플렉서블 기재;

상기 플렉서블 기재 상에 형성되는 반도체층;

상기 반도체층 상에 형성되며 개구부(opening part)를 가지는 하부전극;

상기 하부전극 상에 형성되며 개구부를 가지는 절연층; 및

상기 절연층 상에 형성되는 그래핀(graphene) 층을 포함하며,

상기 하부전극 및 상기 절연층이 가지는 개구부들을 통하여 상기 반도체층 및 상기 그래핀층은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것인,

플렉서블 태양전지.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 절연층 및 상기 그래핀층 사이에 형성되며 개구부를 가지는 상부전극을 더 포함하는, 플렉서블 태양전지.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 플렉서블 기재는 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphtelate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate; PET), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르술폰(polyethersulfone; PES), 폴리카보네이트(polycarbonate; PC), 폴리노르보넨(polynorbonene; PN), 폴리아릴레이트(polyarylate), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 반도체층은 비정질 실리콘, 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 화합물 반도체, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서,

상기 화합물 반도체는 II-VI족, III-V족, 및 IV-VI족 화합물 반도체 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 반도체층은 화합물 반도체와 금속을 포함하는 복합체를 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,

상기 금속은 Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Ni, Fe, Co, 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 플렉서블 태양전지는 투명 또는 반투명한 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 9**

플렉서블 기재 상에 반도체층을 형성하는 단계;

상기 반도체층 상에 개구부를 가지는 하부전극을 형성하는 단계;

상기 하부전극 상에 개구부를 가지는 절연층을 형성하는 단계; 및

상기 절연층 상에 그래핀층을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 하부전극 및 상기 절연층이 가지는 개구부들을 통하여 상기 반도체층 및 상기 그래핀층은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것인,

플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

상기 그래핀층 상에 상부전극을 형성하는 단계를 더 포함하는, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 11**

제 9 항에 있어서,

상기 플렉서블 기재는 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphtelate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate; PET), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리테르술폰(polyethersulfone; PES), 폴리카보네이트(polycarbonate; PC), 폴리노르보넨(polynorbonene; PN), 폴리아릴레이트(polyarylate), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 12**

제 9 항에 있어서,

상기 반도체층은 비정질 실리콘, 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 화합물 반도체, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 화합물 반도체는 II-VI족, III-V족, 및 IV-VI족 화합물 반도체 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 14**

제 9 항에 있어서,

상기 반도체층은 화합물 반도체와 금속을 포함하는 복합체를 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,

상기 금속은 Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Ni, Fe, Co, 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 16**

플렉서블 기재;

상기 플렉서블 기재 상에 형성되며 개구부를 가지는 하부전극;

상기 하부전극 상에 형성되는 반도체층;

상기 반도체층 상에 형성되며 개구부를 가지는 절연층; 및

상기 절연층 상에 형성되는 그래핀(graphene) 층을 포함하며,

상기 절연층이 가지는 개구부를 통하여 상기 반도체층 및 상기 그래핀층은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것인,

플렉서블 태양전지.

**청구항 17**

제 16 항에 있어서,

상기 절연층 및 상기 그래핀층 사이에 형성되는 상부전극을 더 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 18**

제 16 항에 있어서,

상기 플렉서블 기재는 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphthalate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate; PET), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르술폰(polyethersulfone; PES), 폴리카보네이트(polycarbonate; PC), 폴리노르보넨(polynorbornene; PN), 폴리아릴레이트(polyarylate), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 19**

제 16 항에 있어서,

상기 반도체층은 비정질 실리콘, 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 화합물 반도체, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 20**

제 19 항에 있어서,

상기 화합물 반도체는 II-VI족, III-V족, 및 IV-VI족 화합물 반도체 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 21**

제 16 항에 있어서,

상기 반도체층은 화합물 반도체와 금속을 포함하는 복합체를 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 22**

제 21 항에 있어서,

상기 금속은 Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Ni, Fe, Co, 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 23**

제 16 항에 있어서,

상기 플렉서블 태양전지는 투명 또는 반투명한 것인, 플렉서블 태양전지.

**청구항 24**

플렉서블 기재 상에 개구부를 가지는 하부전극을 형성하는 단계;

상기 하부전극 상에 반도체층을 형성하는 단계;

상기 반도체층 상에 개구부를 가지는 절연층을 형성하는 단계; 및

상기 절연층 상에 그래핀층을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 하부전극 및 상기 절연층이 가지는 개구부들을 통하여 상기 반도체층 및 상기 그래핀층은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것인,

플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 25**

제 24 항에 있어서,

상기 절연층과 상기 그래핀층 사이에 상부전극을 형성하는 단계를 더 포함하는, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 26**

제 24 항에 있어서,

상기 플렉서블 기체는 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphthalate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate; PET), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리테르술포(polyethersulfone; PES), 폴리카보네이트(polycarbonate; PC), 폴리노르보넨(polynorbonene; PN), 폴리아릴레이트(polyarylate), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 27**

제 24 항에 있어서,

상기 반도체층은 비정질 실리콘, 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 화합물 반도체, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 28**

제 27 항에 있어서,

상기 화합물 반도체는 II-VI족, III-V족, 및 IV-VI족 화합물 반도체 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 29**

제 24 항에 있어서,

상기 반도체층은 화합물 반도체와 금속을 포함하는 복합체를 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**청구항 30**

제 29 항에 있어서,

상기 금속은 Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Ni, Fe, Co, 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 플렉서블 태양전지의 제조방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본원은 활성층, 전극, 반사방지막 등으로서 다기능을 할 수 있는 그래핀을 이용한 플렉서블 태양전지 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 2000년대 이후 석유 등 화석연료의 고가격 추세, 이산화탄소 배출에 따른 지구온난화 문제에 대한 전세계적 우려가 고조되면서 이를 해결할 분야로 풍력발전과 함께 태양광발전 산업이 주목 받고 있다. 태양광산업의 발전은 태양광 에너지를 전기로 변환시키는 태양전지 개발이 핵심인데 최근 태양전지의 기술혁신으로 태양광발전 산

업이 급성장을 하고 있다.

[0003] 기존 박막 태양전지에서 투명전극으로 주로 사용되고 있는 ITO(Indium Tin Oxide)는 높은 전기 전도도와 투과도를 가지기 때문에 투명성을 요구하는 LCD, 터치스크린, OLED에서 투명한 전도성 전극으로 사용되고 있다. 하지만, 인듐은 희귀금속으로 고가의 재료이며 증착된 ITO는 취성이 높아서 유연한 기체에 사용할 수 없다. 또한, ITO의 증착 공정은 일반적으로 고진공 환경이 필요한 전자빔 증착 또는 스퍼터링 기술을 이용하기 때문에 제조 단가가 높고, 대면적에 적합하지 않다.

[0004] 이에 반해, 본원의 실시예에 사용되는 그래핀은 지구상에 풍부하게 존재하는 탄소 원자를 원료로 사용하기 때문에 매우 경제적이다. 그래핀(graphene)은 탄소 원자들이 벌집모양의 격자구조를 이루면서 만들어진 2차원 구조 탄소 동소체를 일컫는 말이다. 그래핀은 흑연(graphite)과 유기 화합물을 만들기 위한 접미사(-ene)가 합쳐진 합성어이다. 연필심으로 흔히 사용되는 흑연(graphite)은 수없이 많은 그래핀이 겹쳐져서 만들어진 다층구조이다. 그래핀은 탄소 원자가 서로 연결돼 벌집 모양의 평면 구조를 이루는 물질로 구조적 화학적으로 안정되어있고 매우 뛰어난 전기적 성질을 갖는다. 현재 반도체에서 사용되는 단결정 실리콘보다 100배 이상 빠르게 전자가 이동할 뿐만 아니라 구리보다 100배 많은 전류가 흐를 수 있어 기존 기술을 대체할 차세대 트랜지스터 및 전극 소재로 주목 받고 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005] 본원은, 활성층, 전극, 반사방지막 등으로서 다기능을 하는 그래핀을 이용한 플렉서블 태양전지 및 그의 제조방법을 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] 본원의 제 1 측면은, 플렉서블 기재; 상기 플렉서블 기재 상에 형성되는 반도체층; 상기 반도체층 상에 형성되며 개구부(opening part)를 가지는 하부전극; 상기 하부전극 상에 형성되며 개구부를 가지는 절연층; 및 상기 절연층 상에 형성되는 그래핀(graphene) 층을 포함하며, 상기 하부전극 및 상기 절연층이 가지는 개구부들을 통하여 상기 반도체층 및 상기 그래핀층은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것인, 플렉서블 태양전지를 제공할 수 있다. 상기 플렉서블 태양전지는 투명 또는 반투명한 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0008] 본원의 제 2 측면은, 하기를 포함하는, 플렉서블 태양전지의 제조방법을 제공할 수 있다:

[0009] 플렉서블 기재 상에 반도체층을 형성하는 단계;

[0010] 상기 반도체층 상에 개구부를 가지는 하부전극을 형성하는 단계;

[0011] 상기 하부전극 상에 개구부를 가지는 절연층을 형성하는 단계; 및

[0012] 상기 절연층 상에 그래핀층을 형성하는 단계를 포함하며,

[0013] 상기 하부전극 및 상기 절연층이 가지는 개구부들을 통하여 상기 반도체층 및 상기 그래핀층은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것임.

[0014] 본원의 제 3 측면은, 플렉서블 기재; 상기 플렉서블 기재 상에 형성되며 개구부를 가지는 하부전극; 상기 하부전극 상에 형성되는 반도체층; 상기 반도체층 상에 형성되며 개구부를 가지는 절연층; 및 상기 절연층 상에 형성되는 그래핀(graphene) 층을 포함하며, 상기 절연층이 가지는 개구부를 통하여 상기 반도체층 및 상기 그래핀층은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것인, 플렉서블 태양전지를 제공할 수 있다. 상기 플렉서블 태양전지는 투명 또는 반투명한 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0015] 본원의 제 4 측면은, 하기를 포함하는, 플렉서블 태양전지의 제조방법을 제공할 수 있다:



- [0016] 플렉서블 기재 상에 개구부를 가지는 하부전극을 형성하는 단계;
- [0017] 상기 하부전극 상에 반도체층을 형성하는 단계;
- [0018] 상기 반도체층 상에 개구부를 가지는 절연층을 형성하는 단계; 및
- [0019] 상기 절연층 상에 그래핀층을 형성하는 단계를 포함하며,
- [0020] 상기 하부전극 및 상기 절연층이 가지는 개구부들을 통하여 상기 반도체층 및 상기 그래핀층은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것임.

**발명의 효과**

- [0021] 본원에 의하여, 그래핀과 얇은 반도체 박막을 이용하여 투명 또는 반투명 태양전지를 제조할 수 있고, 플렉서블 하고 투명한 태양전지를 제공할 수 있다. 또한, 본원에서의 그래핀은 활성층, 전극, 반사방지막으로서 다기능을 할 수 있으며, 기계적/전기적 특성이 우수한 그래핀을 이용함으로써 효율이 개선되어 우수한 성능과 가격의 저렴화를 실현할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022] 도 1a는 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 단면도이다.
- 도 1b는 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 분해 사시도이다.
- 도 2는 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 제조 공정 순서도이다.
- 도 3a는 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 단면도이다.
- 도 3b는 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 분해 사시도이다.
- 도 4는 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 제조 공정 순서도이다.
- 도 5는 본원의 일 실시예에 따라 제조된 태양전지의 전류-전압 그래프이다.
- 도 6a는 본원의 일 실시예에 따라 제조된 태양전지의 전류-전압 그래프이다.
- 도 6b는 본원의 일 실시예에 따른 단락전류회로밀도-전압 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.
- [0024] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0025] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 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.
- [0026] 도 1a 및 도 1b는 각각 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 단면도 및 분해 사시도이고, 도 2는 본원의 상기 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 제조 공정 순서도이다. 도 1a 내지 도 2를 참조하면, 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지(100)는 플렉서블 기재(110); 상기 플렉서블 기재 상에 형성되는 반도체층

(120); 상기 반도체층(120) 상에 형성되며 개구부(opening part)를 가지는 하부전극(130); 상기 하부전극(130) 상에 형성되며 개구부를 가지는 절연층(140); 및 상기 절연층(140) 상에 형성되는 그래핀(graphene, 160) 층을 포함할 수 있다. 상기 플렉서블 태양전지는 투명 또는 반투명한 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0027] 이때, 상기 하부전극(130) 및 상기 절연층(140)이 가지는 개구부들을 통하여 상기 반도체층(120) 및 상기 그래핀층(160)은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성할 수 있다. 또한, 본원에서의 그래핀층(160)은 전자, 정공 쌍을 생성하는 활성층, 전극, 반사방지막(태양전지에 입사되는 태양광의 반사 손실을 줄이기 위해 구비함)의 다기능을 할 수 있기 때문에 별도로 상부전극을 형성하지 않을 수 있지만 경우에 따라서 상부전극(150)을 더 포함하여 형성할 수 있다.

[0028] 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지(100)의 제조 방법은 먼저, 플렉서블 기재(110) 상에 반도체층(120)을 형성한다(도 2a).

[0029] 상기 플렉서블 기재(110)는, 예를 들어, 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphthalate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate; PET), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르술폰(polyethersulfone; PES), 폴리카보네이트(polycarbonate; PC), 폴리노르보넨(polynorbonene; PN), 폴리아릴레이트(polyarylate), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0030] 상기 반도체층(120)은 비정질 실리콘, 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 및 화합물 반도체를 포함할 수 있다. 일 구현예에 있어서, 상기 화합물 반도체는 II-VI족, III-V족, 및 IV-VI족 화합물 반도체 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 혼합물을 포함하는 것일 수 있다. 본원에 일 구현예에 있어서, 상기 반도체층으로서 미리 별도로 p-도핑 또는 n-도핑된 실리콘 반도체를 이용하여 저온에서 플렉서블 기재 상에 전사하여 상기 태양전지를 제조할 수 있다. 상기 실리콘 반도체로서 SOI 웨이퍼 또는 적층된(layered) 웨이퍼를 사용하여 프린팅 기법으로 상기 태양전지를 저온공정으로 제조 가능하다.

[0031] 상기 II-VI족 화합물 반도체는, 예를 들어, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, HgS, HgSe, HgTe 등의 이원소 화합물 또는 CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe, CdHgS, CdHgSe, CdHgTe, HgZnS, HgZnSe 등의 삼원소 화합물 또는 CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe 등의 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 물질일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0032] 상기 III-V족 화합물 반도체는 예를 들어, GaN, GaP, GaAs, GaSb, AlN, AlP, AlAs, AlSb, InN, InP, InAs, InSb 등의 이원소 화합물 또는 GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, AlNP, AlNAs, AlNSb, AlPAs, AlPSb, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP 등의 삼원소 화합물 또는 GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb 등의 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 물질일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0033] 상기 IV-VI족 화합물 반도체는 예를 들어, SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe 등의 이원소 화합물 또는 SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe 등의 삼원소 화합물 또는 SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe 등의 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 물질일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0034] 또한, 상기 화합물 반도체는 II-VI족, III-V족, 및 IV-VI족 화합물 반도체와 금속의 복합체일 수 있는데, 여기서, 상기 금속은 Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Ni, Fe, Co, 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.

[0035] 이어서, 상기 반도체층(120) 상에 개구부를 가지는 하부전극(130)을 형성한다(도 2b).

[0036] 상기 하부전극(130)은 예를 들어, Au, Ag, Cu, Ni, Pa, Rh, Pt, Al, W, Mo, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택될 수 있으며, 상기 하부전극(130)은 스퍼터링(sputtering), MBE(molecular beam epitaxy), 전자빔 증착(e-beam evaporation), 열증착(thermal evaporation), 원자층 에피택시(atomic layer epitaxy; ALE), 펄스 레이저 증착(pulsed laser deposition; PLD), 화학기상증착(chemical vapor deposition; CVD), 졸겔(Sol-Gel), 및 원자층 증착(atomic layer deposition; ALD) 방법에 의해 형성될 수 있다.

[0037] 이어서, 상기 하부전극(130) 상에 개구부를 가지는 절연층(140)을 형성한다(도 2c). 상기 절연층(140)은 광투과율 저하를 방지하기 위해서, 예를 들어, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, SiNx, SiON, Su-8과 같은 투명한 절연물질로 이루어질 수 있다. 상기 절연층(140)은 포토리소그래피법 또는 리프트오프법을 이용하여 형성할 수 있다. 구체적으로, 상기 절연층(140)을 포토리소그래피법을 사용하여 형성하는 경우에, 상기 하부전극 상에 절연물질을 도포하고,

형성된 절연층(140) 상에 포토레지스트 패턴을 형성할 수 있다. 포토레지스트 패턴 형성 후에, 상기 포토레지스트 패턴을 마스크로하여 상기 절연층(140)을 패터닝함으로써 상기 절연층을 형성할 수 있다. 또한, 상기 절연층(140)을 리프트 오프법을 사용하여 형성하는 경우에는, 상기 하부전극(130) 상에 포토레지스트 패턴을 형성하고, 상기 포토레지스트 패턴 상에 절연층(140)을 형성할 수 있다. 상기 포토레지스트 패턴 및 포토레지스트 패턴 상에 형성된 패터닝된 부분을 제거하여 개구부를 가지는 절연층(140)을 형성할 수 있다.

[0038] 이어서, 필요한 경우, 상기 절연층(140) 상에 상부전극(150)을 형성한다(도 2d). 상기 상부전극(150)은 상기 하부전극(130)과 마찬가지로 Au, Ag, Cu, Ni, Pa, Rh, Pt, Al, W, Mo, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택될 수 있으며, 상기 상부전극(150)은 스퍼터링(sputtering), MBE(molecular beam epitaxy), 전자빔 증착(e-beam evaporation), 열증착(thermal evaporation), 원자층 에피택시(atomic layer epitaxy; ALE), 펄스 레이저 증착(pulsed laser deposition; PLD), 화학기상증착(chemical vapor deposition; CVD), 졸겔(Sol-Gel), 및 원자층 증착(atomic layer deposition; ALD) 방법에 의해 형성될 수 있다.

[0039] 마지막으로, 상기 상부전극(150)이 형성된 상기 절연층(140) 상에 그래핀층(160)을 형성한다(도 2e). 상기 그래핀층(160)은 물리기상증착(Physical Vapor Deposition; PVD), 화학기상증착(Chemical Vapor Deposition; CVD), 플라즈마보강화학기상증착 (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; PECVD), 및 플라즈마진화화학기상증착 (Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition; PACVD) 방법에 의하여 이루어지며, 그래핀은 가시광선 영역에서 비교적 높은 몰 흡광 계수(molar absorption coefficient)를 가지고 있고 강한 전자획득 능력을 갖고 있어 고효율의 태양전지를 제조할 수 있다.

[0040] 완성된 플렉서블 태양전지(100)는 상기 하부전극(130) 및 상기 절연층(140)이 가지는 개구부들을 통하여 상기 반도체층(120) 및 상기 그래핀층(160)은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성한다. 이러한 구조의 태양전지(100)에 태양광이 입사되면, 입사된 태양광이 가지고 있는 에너지에 의해 상기 반도체 내에서 정공(hole)과 전자(electron)가 발생하고, 이때, PN 접합에서 발생한 전기장에 의해서 상기 정공(+)는 P형 반도체쪽으로 이동하고 상기 전자(-)는 N형 그래핀쪽으로 이동하게 되어 전위가 발생하게 됨으로써 전력을 생산할 수 있게 된다.

[0041] 도 3a 및 도 3b는 각각 본원의 다른 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 단면도 및 분해 사시도이고, 도 4는 본원의 상기 구현예에 따른 플렉서블 태양전지의 제조 공정 순서도이다. 도 3a 내지 도 4를 참조하면, 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지(200)는, 플렉서블 기재(210), 상기 플렉서블 기재(210) 상에 형성되는 개구부를 가지는 하부전극(220), 상기 하부전극(220) 상에 형성되는 반도체층(230), 상기 반도체층(230) 상에 형성되는 개구부를 가지는 절연층(240), 상기 절연층(240) 상에 형성되는 그래핀층(260)을 포함하며, 상기 절연층(240)이 가지는 개구부를 통하여 상기 반도체층(230) 및 상기 그래핀층(260)은 서로 접촉되어 PN 접합층을 형성하는 것일 수 있다. 상기 플렉서블 태양전지는 투명 또는 반투명한 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본원에서의 그래핀층(260)은 전자, 정공 쌍을 생성하는 활성층, 전극, 반사방지막(태양전지에 입사되는 태양광의 반사 손실을 줄이기 위해 구비함)의 다기능을 할 수 있기 때문에 별도로 상부전극(250)을 형성하지 않을 수 있지만 경우에 따라서 상부전극(250)을 더 포함하여 형성할 수 있다. 상기 본원의 구현예에 따른 플렉서블 태양전지는 적층 구조(planner structure)를 가지는 것일 수 있다. 본원에 일 구현예에 있어서, 상기 반도체층으로서 미리 별도로 p-도핑 또는 n-도핑된 실리콘 반도체를 이용하여 저온에서 플렉서블 기재 상에 전사하여 상기 태양전지를 제조할 수 있다. 상기 실리콘 반도체로서 SOI 웨이퍼 또는 적층된(layered) 웨이퍼를 사용하여 프린팅 기법으로 상기 태양전지를 저온공정으로 제조 가능하다.

[0042] 일 구현예에 있어서, 상기 태양전지(200)는 하기와 같이 제조될 수 있다. 먼저, 기재, 절연막, 및 반도체층을 순차적으로 형성하여 SOI(Silicon On Insulator, 230a) 기재를 형성한다. 상기 기재는 유리, 금속, 및 실리콘(Si)일 수 있다.

[0043] 이어서, 상기 SOI 기재(230a) 상에 하부전극(220)을 형성한다(도 4a). 상기 하부전극(220)은, 예를 들어, Au, Ag, Cu, Ni, Pa, Rh, Pt, Al, W, Mo, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택될 수 있으며, 상기 하부전극(220)은 스퍼터링(sputtering), MBE(molecular beam epitaxy), 전자빔 증착(e-beam evaporation), 열증착(thermal evaporation), 원자층 에피택시(atomic layer epitaxy; ALE), 펄스 레이저 증착(pulsed laser deposition; PLD), 화학기상증착(chemical vapor deposition; CVD), 졸겔(Sol-Gel), 및 원자층 증착(atomic layer deposition; ALD) 방법에 의해 형성될 수 있다.

[0044] 계속해서, 상기 하부전극(220)이 형성된 상기 SOI 기재(230a)로부터 상기 하부전극(220)과 함께 상기 반도체층

(230)을 격리시켜 플렉서블 기재(210) 상에 상기 하부전극(220)이 접하도록 전사할 수 있다(도 4b).

- [0045] 상기 플렉서블 기재(210)는, 예를 들어, 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphthalate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate; PET), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르술폰(polyethersulfone; PES), 폴리카보네이트(polycarbonate; PC), 폴리노르보넨(polynorbonene; PN), 폴리아릴레이트(polyarylate), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0046] 예시적 구현예에 있어서, 상기 하부전극(220)이 형성된 SOI 기재(230a)로부터 상기 하부전극(220)과 함께 상기 반도체층(230)의 격리는 상기 하부전극(220) 상에 박리층을 형성하고, 리소그래피와 에칭 기술에 의해 상기 박리층의 일부를 제거하여 격리시킬 수 있다.
- [0047] 이어서, 상기 플렉서블 기재(210) 상에 전사된 상기 하부전극(220)을 오픈하고, 상기 반도체층(230)을 패터닝할 수 있다(도 4d). 상기 하부전극 오픈 및 상기 반도체층 패터닝은 포토리소그래피(photolithography)법을 사용하여 형성하거나, 또는 하부전극(220) 형성 시 포토리소그래피 및 리프트 오프(lift off)법을 사용하여 형성할 수 있다. 구체적으로, 상기 하부전극을 포토리소그래피법을 사용하여 형성하는 경우에는, 상기 기재(230a) 상에 하부전극(220) 층을 형성하고, 상기 하부전극(220) 층 상에 포토레지스트 패턴을 형성할 수 있다. 포토레지스트 패턴 형성 후에, 상기 포토레지스트 패턴을 마스크로 하여 상기 하부전극(220)을 패터닝함으로써 하부전극(220)을 오픈할 수 있다. 또한, 상기 하부전극(220)을 리프트 오프법을 사용하여 형성하는 경우에는, 상기 기재(230a) 상에 포토레지스트 패턴을 형성하고, 상기 포토레지스트 패턴 및 상기 플렉서블 기재 상에 하부전극(220)을 형성할 수 있다. 상기 포토레지스트 패턴 및 포토레지스트 패턴 상에 형성된 하부전극(220)을 제거하여 하부전극(220)을 형성할 수 있다.
- [0048] 상기 II-VI족 화합물 반도체는, 예를 들어, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, HgS, HgSe, HgTe 등의 이원소 화합물 또는 CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe, CdHgS, CdHgSe, CdHgTe, HgZnS, HgZnSe 등의 삼원소 화합물 또는 CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe 등의 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 물질일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0049] 상기 III-V족 화합물 반도체는, 예를 들어, GaN, GaP, GaAs, GaSb, AlN, AlP, AlAs, AlSb, InN, InP, InAs, InSb 등의 이원소 화합물, 또는 GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, AlNP, AlNAs, AlNSb, AlPAs, AlPSb, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP 등의 삼원소 화합물, 또는 GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb 등의 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 물질일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0050] 상기 IV-VI족 화합물 반도체는, 예를 들어, SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe 등의 이원소 화합물, 또는 SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe 등의 삼원소 화합물, 또는 SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe 등의 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 물질일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0051] 일 구현예에 있어서, 상기 화합물 반도체는 II-VI족, III-V족, 및 IV-VI족 화합물 반도체와 금속의 복합체일 수 있는데, 여기서, 상기 금속은 Au, Ag, Cu, Pt, Pd, Ni, Fe, Co, 및 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0052] 이어서, 상기 반도체층(230) 상에 개구부를 가지는 절연층(240)을 형성한다(도 4e). 상기 절연층(240)은, 광투과율 저하를 방지하기 위해서, 예를 들어, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, SiNx, SiON, Su-8과 같은 투명한 절연물질로 이루어질 수 있다. 상기 절연층(240)은 상기 하부전극(220)과 마찬가지로 포토리소그래피법 또는 리프트 오프법을 이용하여 개구부를 형성할 수 있다.
- [0053] 계속해서, 상기 절연층(240) 상에 개구부를 가지는 상부전극(250)을 형성한다(도 4f). 상기 상부전극(250)은 하부전극(220)과 마찬가지로 Au, Ag, Cu, Ni, Pa, Rh, Pt, Al, W, Mo, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택될 수 있으며, 상기 상부전극은 스퍼터링(sputtering), MBE(molecular beam epitaxy), 전자빔 증착(e-beam evaporation), 열증착(thermal evaporation), 원자층 에피택시(atomic layer epitaxy; ALE), 펄스 레이저 증착(pulsed laser deposition; PLD), 화학기상증착(chemical vapor deposition; CVD), 졸겔(Sol-Gel), 및 원자층 증착(atomic layer deposition; ALD) 방법에 의해 형성될 수 있다.

[0054] 마지막으로, 상기 상부전극(250)이 형성된 절연층(240) 상에 그래핀층(260)을 형성한다(도 4g). 상기 그래핀층(260)은 물리기상증착(Physical Vapor Deposition; PVD), 화학기상증착(Chemical Vapor Deposition; CVD), 플라즈마보강화학기상증착(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; PECVD), 및 플라즈마증진화학기상증착(Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition; PACVD) 방법에 의하여 이루어지며, 그래핀은 가시광선 구역에서 비교적 높은 몰 흡광 계수(molar absorption coefficient)를 가지고 있고 강한 전자획득 능력을 갖고 있어 고효율의 태양전지를 제조할 수 있다.

[0055] 본원의 일 구현예에 따른 플렉서블 태양전지(200)는 P(Positive)형 반도체 및 N(Negative)형으로서의 그래핀을 접합시킨 PN 접합 구조를 하고 있으며, 이러한 구조의 태양전지에 태양광이 입사되면, 입사된 태양광이 가지고 있는 에너지에 의해 상기 반도체 내에서 정공(hole)과 전자(electron)가 발생하고, 이때, PN 접합에서 발생한 전기장에 의해서 상기 정공(+)는 P형 반도체 쪽으로 이동하고 상기 전자(-)는 N형 그래핀쪽으로 이동하게 되어 전위가 발생하게 됨으로써 전력을 생산할 수 있게 된다. 뿐만 아니라 반도체와 그래핀에 각각의 도핑공정을 통해 N형 반도체와 P형 그래핀을 이용하여 PN 접합 태양전지를 제작할 수 있다. 이 경우 정공(+)은 P형 그래핀쪽으로 이동하고 상기 전자(-)는 N형 반도체쪽으로 이동하게 되어 이동하게 되어 전위가 발생하게 됨으로써 전력을 생산할 수 있게 된다.

[0056] 이하, 실시예를 참조하여 본원을 좀더 자세히 설명하지만, 본원은 이에 제한되는 것은 아니다.

**실시예 1**

[0057] 플라스틱 기재 상에 단결정 실리콘 박막을 전사하였다. 상기 단결정 실리콘 박막 상에 하부 전극을 형성하고, 절연물질인 SiO<sub>2</sub>(또는 Su-8)을 이용하여 윈도우 층을 형성하였다. 상기 윈도우 층 상에 상부전극을 형성하고, 상부전극 상에 그래핀을 전사하였다.

[0058] 도 6a는 본원의 일 실시예에 따라 제조된 태양전지의 전류-전압 그래프이고, 도 6b는 본원의 일 실시예에 따른 단락전류회로밀도-전압 그래프이다.

[0059] 태양전지의 특성을 나타내는 척도로는 open-circuit voltage( $V_{oc}$ ), Short-circuit current density( $J_{sc}$ ), Fill factor(FF), 태양전지의 효율  $\eta$ 가 있다. 여기서, open-circuit voltage( $V_{oc}$ )는 회로가 개방된 상태, 즉 무한대의 임피던스가 걸린 상태에서 빛을 받았을 때 태양전지의 양단에 형성되는 전위차이다.

[0060] Short-circuit current density( $J_{sc}$ )는 회로가 단락된 상태, 즉 외부저항이 없는 상태에서 빛을 받았을 때 나타나는 역방향(음의 값)의 전류밀도이다. 이 값은 우선적으로 입사광의 세기와 파장분포(spectral distribution)에 따라 달라지지만, 이러한 조건이 결정된 상태에서는 광흡수에 의해 여기된 전자와 정공이 재결합(recombination)하여 손실되지 않고 얼마나 효과적으로 전지 내부에서 외부회로 쪽으로 보내어지는가에 의존된다.

[0061] Fill factor(FF)는 최대전력점에서의 전류밀도와 전압 값의 곱( $V_{mp} \times J_{mp}$ )을  $V_{oc}$ 와  $J_{sc}$ 의 곱으로 나눈 값이다. 따라서 fill factor는 빛이 가해진 상태에서 J-V곡선의 모양이 사각형에 얼마나 가까운가를 나타내는 지표이다.

[0062] 태양전지의 효율  $\eta$ 은 전지에 의해 생산된 최대 전력과 입사광 에너지  $P_{in}$  사이의 비율이다.

[0063] 본 실시예에 따른 태양전지의 특성을 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )	0.1325 V
Short circuit current density ( $J_{sc}$ )	$-2.37 \text{ A/cm}^{-2}$
Fill Factor	25%
Efficiency	0.8%

[0064]

[0065]

이상, 구현예 및 실시예를 들어 본원을 상세하게 설명하였으나, 본원은 상기 구현예 및 실시예들에 한정되지 않으며, 여러 가지 다양한 형태로 변형될 수 있으며, 본원의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 많은 변형이 가능함이 명백하다.

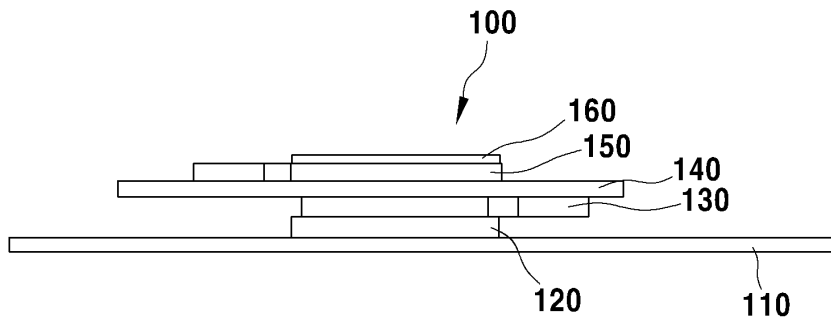
**부호의 설명**

[0066]

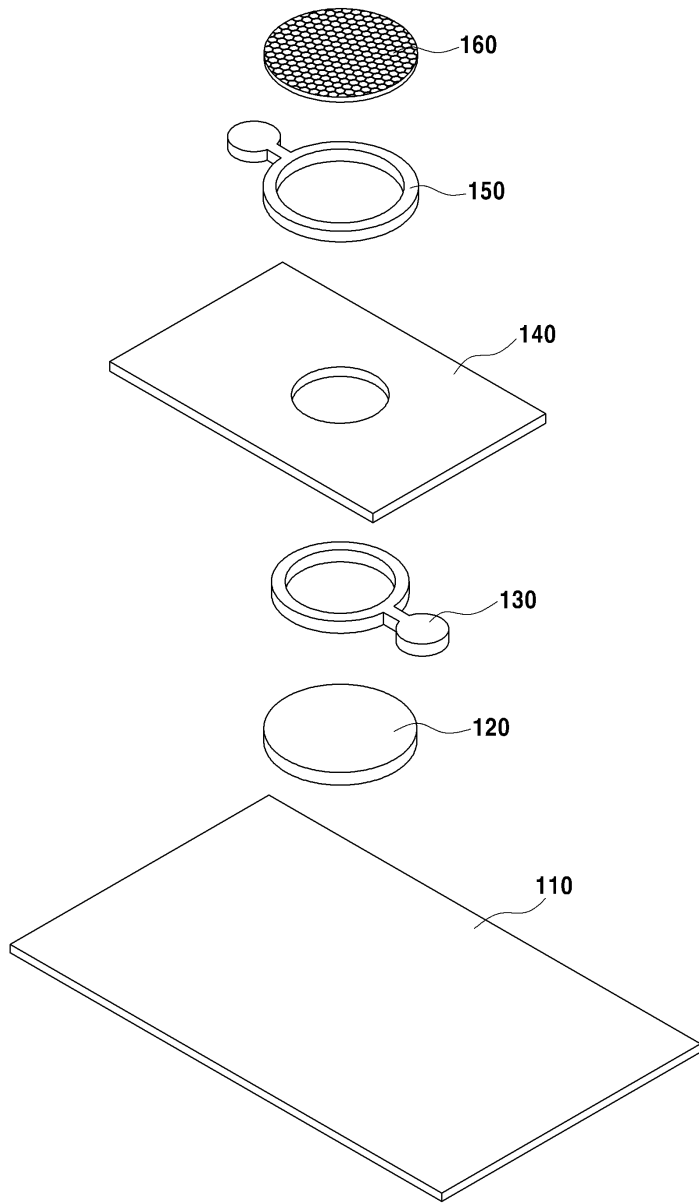
- 100, 200: 플렉서블 태양전지
- 110, 210: 플렉서블 기재
- 130, 220: 하부전극
- 120, 230: 반도체층
- 140, 240: 절연층
- 150, 250: 상부전극
- 160, 260: 그래핀층

**도면**

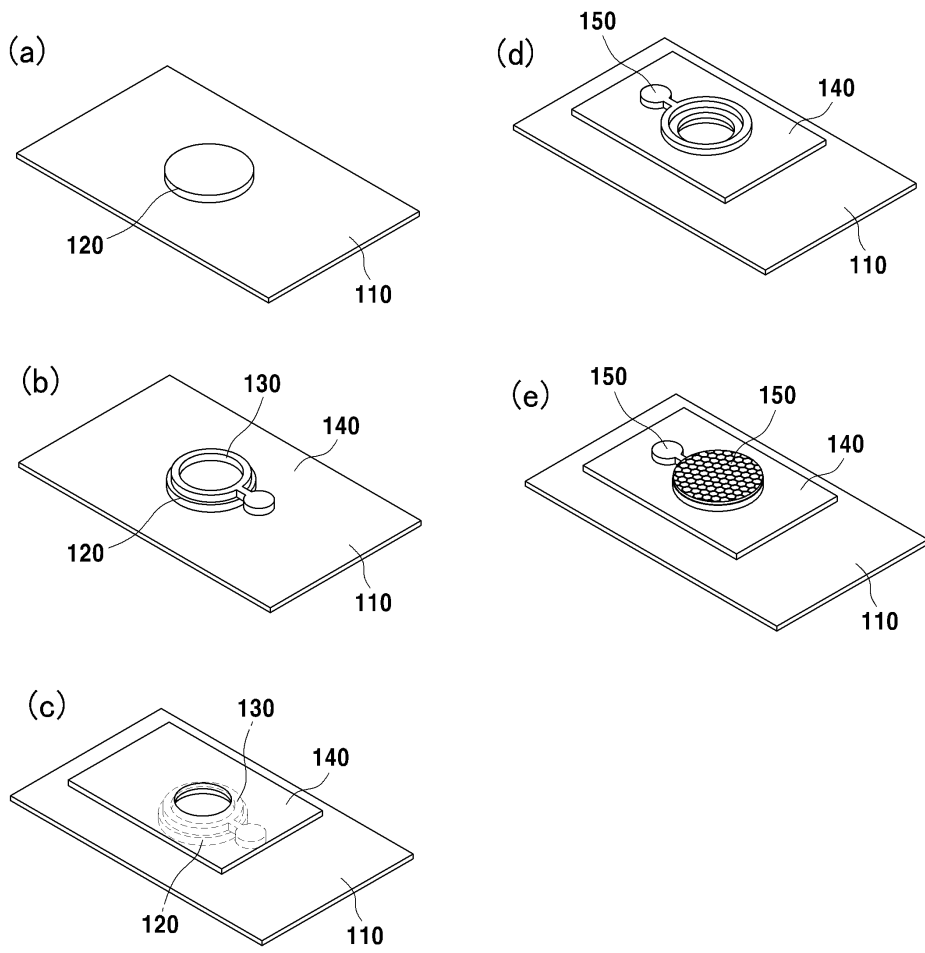
**도면1a**



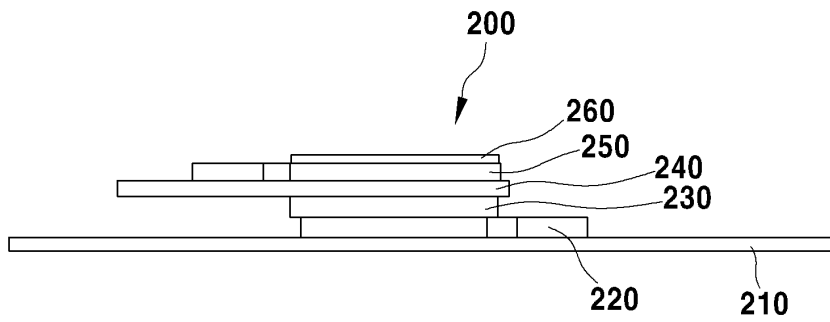
도면1b



도면2

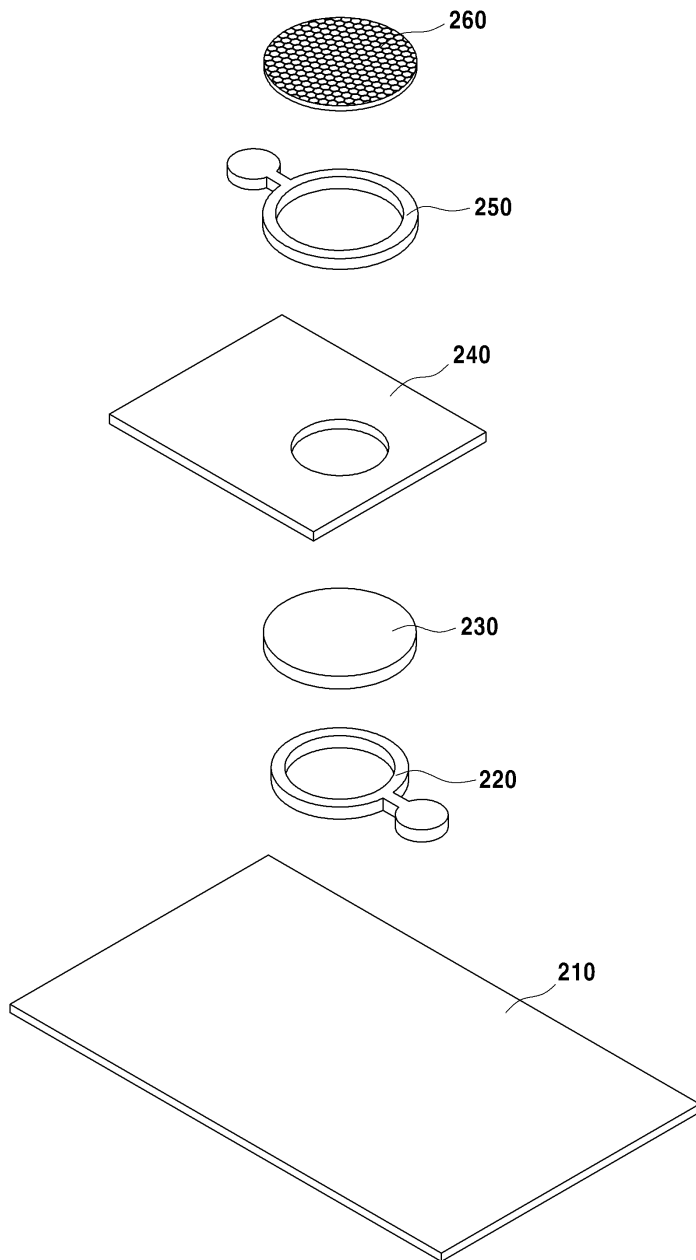


도면3a

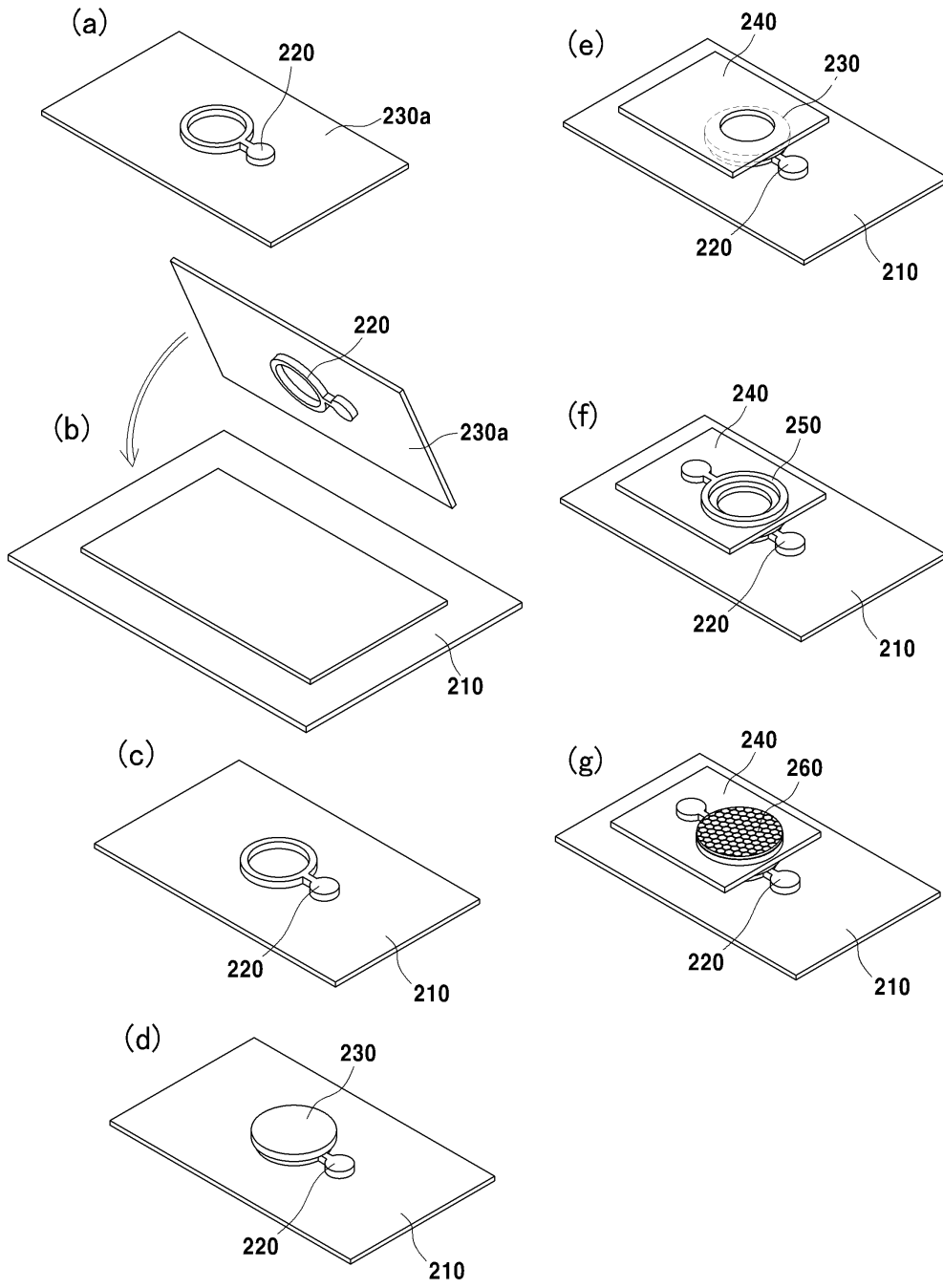




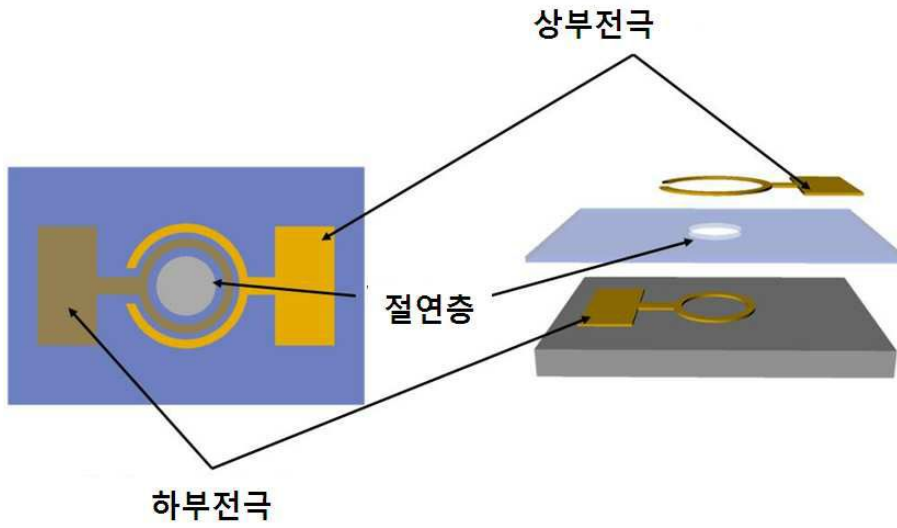
도면3b



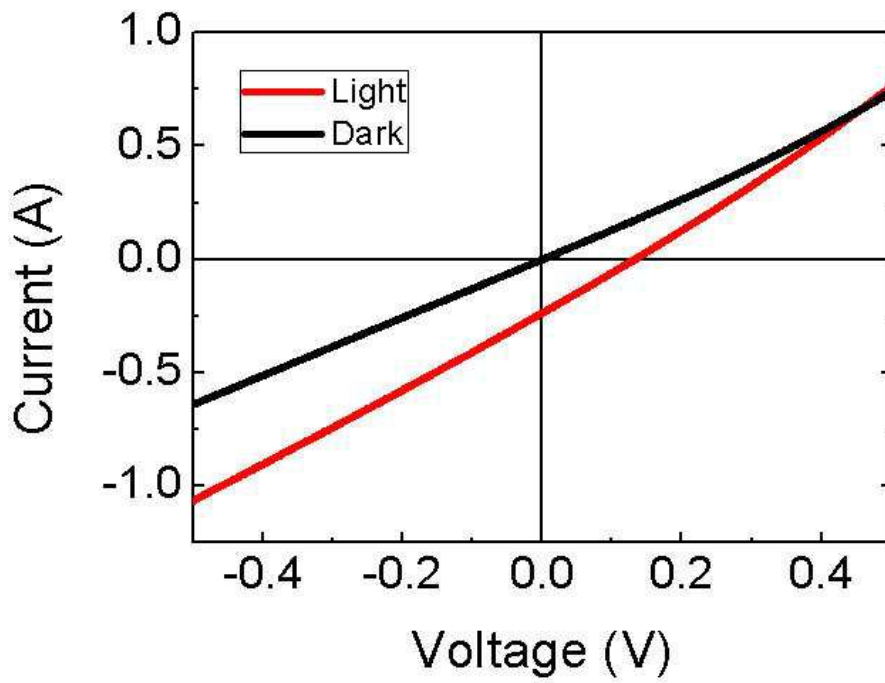
도면4



도면5



도면6a



도면6b

