	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0006050 (43) 공개일자 2013년01월16일
<hr/>		
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 31/18 (2006.01) H01L 31/042 (2006.01) H01L 31/0224 (2006.01)	(71) 출원인 연세대학교 산학협력단 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)	
(21) 출원번호 10-2011-0067859	(72) 발명자 신무환 인천광역시 연수구 송도동 162-1 연세대학교 과학기술약학관	
(22) 출원일자 2011년07월08일 심사청구일자 2011년07월08일	장선호 경기도 파주시 미래로 602, 가람마을 휴먼시아 202동 1206호 (와동동) 강영은 경기도 고양시 덕양구 토당로32번길 11, 대림아파트 101동 103호 (토당동)	
	(74) 대리인 특허법인가산	

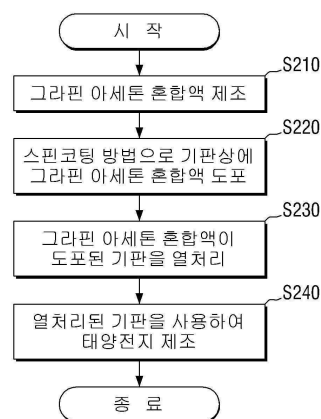
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **그래핀 전극 및 그 제조 방법과 상기 그래핀 전극을 포함하는 염료감응형 태양전지 및 그 제조 방법**

### (57) 요약

본 발명에 따른 그래핀 전극의 제조 방법은, 그래핀과 아세톤을 혼합하여, 그래핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계; 스핀코팅 방법으로 기판 상에 상기 그래핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계; 및 상기 그래핀 아세톤 혼합액이 도포된 기판을 열처리하여, 그래핀 전극을 제공하는 단계를 포함한다.

**대표도** - 도3



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

그라핀과 아세톤을 혼합하여, 그라핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계;

스핀코팅 방법으로 기판 상에 상기 그라핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계; 및

상기 그라핀 아세톤 혼합액이 도포된 기판을 열처리하여, 그라핀 전극을 제공하는 단계를 포함하는, 그라핀 전극의 제조 방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 그라핀 전극은 아세톤을 포함하는, 그라핀 전극의 제조 방법.

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 그라핀과 아세톤을 혼합하여, 그라핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계는,

아세톤을 그라핀에 대하여 1:15 내지 1:30(m/V)의 비로 혼합하는, 그라핀 전극의 제조 방법.

### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 스핀코팅 방법으로 기판 상에 상기 그라핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계는,

2 내지 18초 동안, 1000 내지 4500 RPM으로 수행하는, 그라핀 전극의 제조 방법.

### 청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 스핀코팅 방법으로 기판 상에 상기 그라핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계는,

2 내지 6초 동안, 2500 내지 2900 RPM으로 수행하는, 그라핀 전극의 제조 방법.

### 청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 스핀코팅 방법으로 기판 상에 상기 그라핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계는,

4 내지 8초 동안, 1000 내지 1500RPM으로 수행하는, 그라핀 전극의 제조 방법.

### 청구항 7

제 4항에 있어서,

상기 스핀코팅 방법으로 기판 상에 상기 그라핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계는,

12 내지 17초 동안, 4000 내지 4500RPM으로 수행하는, 그라핀 전극의 제조 방법.

### 청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 그라핀 아세톤 혼합액이 도포된 기판을 열처리하여, 그라핀 전극을 제공하는 단계는,

300 내지 500 °C에서 수행되는, 그라핀 전극의 제조 방법.

#### 청구항 9

그래핀과 아세톤을 혼합하여, 그래핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계;  
스핀코팅 방법으로 기판 상에 상기 그래핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계;  
상기 그래핀 아세톤 혼합액이 도포된 기판을 열처리하여, 그래핀 전극을 제공하는 단계; 및  
상기 그래핀 전극을 사용하여 염료감응형 태양전지는 제조하는 단계를 포함하는, 염료감응형 태양전지의 제조 방법.

#### 청구항 10

제 9항에 있어서,  
상기 제공된 그래핀 전극은 아세톤을 포함하는, 염료감응형 태양전지의 제조 방법.

#### 청구항 11

제 9항에 있어서,  
상기 그래핀과 아세톤을 혼합하여, 그래핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계는,  
아세톤을 그래핀에 대하여 1:15 내지 1:30(m/V)의 비로 혼합하는, 염료감응형 태양전지의 제조 방법.

#### 청구항 12

제 9항에 있어서,  
상기 스핀코팅 방법으로 기판 상에 상기 그래핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계는,  
2 내지 18초 동안, 1000 내지 4500 RPM으로 수행하는, 염료감응형 태양전지의 제조 방법.

#### 청구항 13

제 9항에 있어서,  
상기 그래핀 아세톤 혼합액이 도포된 기판을 열처리하여, 그래핀 전극을 제공하는 단계는,  
300 내지 500℃로 수행되는, 염료감응형 태양전지의 제조 방법.

#### 청구항 14

아세톤을 그래핀에 대하여 1:15 내지 1:30(m/V)의 비로 혼합하여, 그래핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계;  
2 내지 18초 동안, 1000 내지 4500 RPM의 조건으로 스핀코팅 공정을 진행하여, 기판 상에 상기 그래핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계;  
상기 그래핀 아세톤 혼합액이 도포된 기판을 200도 내지 300℃로 열처리하여, 그래핀 전극을 제공하는 단계; 및  
상기 그래핀 전극을 사용하여 염료감응형 태양전지는 제조하는 단계를 포함하는, 염료감응형 태양전지의 제조 방법.

#### 청구항 15

기판; 및  
상기 기판 상에 스핀코팅 방법으로 형성되며, 아세톤이 포함된 그래핀층을 포함하는, 그래핀 전극.

#### 청구항 16

제 15항에 있어서,  
상기 그래핀층은,  
아세톤을 그래핀에 대하여 1:15 내지 1:30(m/V)의 비로 혼합한 혼합액을, 상기 기판 상에 2 내지 18초 동안

1000 내지 4500 RPM으로 스핀코팅한 후, 300 내지 500℃로 열처리하여 형성된, 그래핀 전극.

#### 청구항 17

투명기관 상에 형성된 도전층을 포함하는 제1 전극;

상기 제1 전극과 대향하여 형성되며, 아세톤이 포함된 그래핀층을 포함하는 제2 전극; 및

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 사이에 개재된 전해질층을 포함하는, 염료감응형 태양전지.

#### 청구항 18

제 17항에 있어서,

상기 제2 전극은,

아세톤을 그래핀에 대하여 1:15 내지 1:30(m/V)의 비로 혼합한 혼합액을, 기관 상에 2 내지 18초 동안 1000 내지 4500 RPM으로 스핀코팅한 후, 300 내지 500℃로 열처리하여 형성된, 염료감응형 태양전지.

#### 청구항 19

제 17항에 있어서,

상기 그래핀층은 스핀코팅 방법으로 형성된, 염료감응형 태양전지.

### 명세서

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 그래핀 전극 및 그 제조 방법과 상기 그래핀 전극을 포함하는 염료감응형 태양전지 및 그 제조 방법에 대한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 태양광을 전기에너지로 변환하는 광전변환소자인 태양전지는, 다른 에너지원과 달리 무한히 사용이 가능하고 환경친화적이므로 시간이 갈수록 그 중요성이 커지고 있다.

[0003] 그 중에서 염료감응 태양전지는 적은 비용으로 제작이 용이하며, 플렉서블하여 다양한 용도로 사용할 수 있다는 점에서 주목받고 있다.

[0004] 염료감응 태양전지는 넓은 에너지 밴드 갭을 가지는 반도체 물질 표면에 가시광선 영역의 빛을 받아 전자와 정공을 만들어 낼 수 있는 염료를 화학적으로 흡착시켜 에너지 변환효율을 향상시키기 위해 제작된 광 전기화학 태양전지의 한 형태이다. 염료감응 태양전지는 실리콘 태양전지나 화합물반도체 태양전지에 비해, 그 제작비용이 저렴하고, 환경친화적이고 투명화가 가능하다는 장점이 있다.

[0005] 그러나, 염료감응 태양전지는 다른 태양전지에 비하여 현저히 효율이 낮다는 문제를 가지고 있다.

#### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 그래핀 전극을 사용한 염료감응 태양전지를 제안하여, 효율을 개선시킨 염료감응 태양전지를 제공하고자 하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0007] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 그래핀 전극 제조 방법은, 그래핀과 아세톤을 혼합하여, 그래핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계; 스핀코팅 방법으로 기관 상에 상기 그래핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계; 및 상기 그래핀 아세톤 혼합액이 도포된 기관을 열처리하여, 그래핀 전극을 제공하는 단계를 포함한다.

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 제조 방법은, 그래핀과 아세톤을 혼합하여, 그래핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계; 스핀코팅 방법으로 기관 상에 상기 그래핀 아세톤 혼합

액을 도포하는 단계; 상기 그래핀 아세톤 혼합액이 도포된 기판을 열처리하여, 그래핀 전극을 제공하는 단계; 및 상기 그래핀 전극을 사용하여 염료감응형 태양전지는 제조하는 단계를 포함한다.

[0009] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 제조 방법은, 아세톤을 그래핀에 대하여 1:15 내지 1:30(m/V)의 비로 혼합하여, 그래핀 아세톤 혼합액을 제조하는 단계; 2 내지 18초 동안, 1000 내지 4500 RPM의 조건으로 스핀코팅 공정을 진행하여, 기판 상에 상기 그래핀 아세톤 혼합액을 도포하는 단계; 상기 그래핀 아세톤 혼합액이 도포된 기판을 200도 내지 300℃로 열처리하여, 그래핀 전극을 제공하는 단계; 및 상기 그래핀 전극을 사용하여 염료감응형 태양전지는 제조하는 단계를 포함한다.

[0010] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 전극은, 기판; 및 상기 기판 상에 스핀코팅 방법으로 형성되며, 아세톤이 포함된 그래핀층을 포함한다.

[0011] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지는, 투명기판 상에 형성된 도전층을 포함하는 제1 전극; 상기 제1 전극과 대향하여 형성되며, 아세톤이 포함된 그래핀층을 포함하는 제2 전극; 및 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 사이에 개재된 전해질층을 포함한다.

### 발명의 효과

[0012] 그래핀 전극 및 그 제조 방법과 상기 그래핀 전극을 포함하는 염료감응형 태양전지 및 그 제조 방법에 따르면, 열 전도도 및 전자 이동성이 높고 물리적 특성이 뛰어난 물질인 그래핀을 사용하여 그래핀 전극을 형성하여, 염료감응형 태양전지에 사용한다. 이 때, 아세톤을 바인더로 사용하여 스핀코팅 방법으로 그래핀 전극을 형성함으로써, 그래핀 전극의 특성을 우수하게 유지 하면서도 보다 수월하고 저렴한 방법으로 그래핀 전극을 형성할 수 있다.

[0013] 그래핀 전극을 사용한 염료감응형 태양전지는, 그 특성이 우수하고, 탄소전극에 비하여 염료에서 전달되는 전자를 투명전극으로 빠르게 이동시킬 수 있다. 따라서, 염료감응형 태양전지의 효율이 크게 증가할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 전극 및 그 제조 방법과 상기 그래핀 전극을 포함하는 염료감응형 태양전지 및 그 제조 방법에 따르면, 스핀코팅으로 그래핀 전극을 형성할 때에, 최적의 공정 조건을 사용하고 바인더로 아세톤을 사용함으로써, 그래핀층을 스핀코팅으로 형성하기 어렵던 본 기술분야의 문제를 해결하여, 저렴한 비용으로 간단하게 효율이 향상된 염료감응형 태양전지를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 개략적인 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 그래핀 전극의 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 제조방법을 도시한 순서도이다.

도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 전극의 제조방법을 도시한 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 개략적인 단면도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 그래핀 전극의 단면도이다.

[0019] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지는, 제1 전극(112), 전해질층(120) 및 그래핀 전극(130)을 포함한다.

[0020] 제1 전극(112)은 기판(112) 상에 도전층(114)이 형성되어 구성된 투명전극을 포함하며, 투명전극 상에는, 금속

산화물층(116) 상에 염료(118)가 흡착되어 구성된 광흡수층이 포함된다.

- [0021] 기관(112)은 예를 들어, 유리 기관이 사용될 수 있으며, 도전층(114)은 예를 들어, ITO(Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), ITZO(Indium Tin Zinc Oxide), ATO(Antimony Tin Oxide), 또는 AZO(Aluminum-doped Zinc Oxide)와 같은 투명 도전 산화막이 사용될 수 있다.
- [0022] 금속산화물층(116)은 예를 들어 티타늄 산화물, 니오븀 산화물, 하프늄 산화물, 텅스텐 산화물, 인듐 산화물, 주석 산화물 및 아연 산화물로 이루어진 그룹에서 선택된 하나 또는 그 조합일 수 있으나, 이에 제한되지 않음은 물론이다.
- [0023] 광흡수층을 구성하는 금속산화물층(116)은 표면에 흡착된 염료가 보다 많은 빛을 흡수하고 전해질층(120)과의 흡착 정도를 향상시키기 위하여 표면적을 크게 하는 것이 바람직하다. 따라서 광흡수층의 금속산화물들은 나노 튜브, 나노와이어, 나노벨트 또는 나노입자와 같은 나노구조를 가질 수 있다.
- [0024] 염료(118)는 전하 분리기능을 갖고 광감응 작용을 나타내는 것이면 어느 것이나 제한 없이 사용할 수 있다. 염료의 바람직한 예로는 루테튬 착물을 들 수 있는데, 구체적으로 RuL2(SCN)2, RuL2(H2O)2, RuL3, RuL2등을 사용할 수 있다(식 중, L은 2,2'-비피리딘-4,4'-디카르복실레이트 등을 나타낸다). 루테튬 착물 이외에 사용가능한 염료로는 로다민 B, 로즈벤갈, 예오신, 리스로신 등의 크산틴계 염료, 퀴노시아닌, 크립토시아닌 등의 시아닌계 염료, 노사프라닌, 카르비블루, 티오신, 메틸렌블루 등의 염기성 염료, 클로로필, 아연 포르피린, 마그네슘 포르피린 등의 포르피린계 화합물, 기타 아조 염료, 프탈로시아닌 화합물, 루테튬 트리시비피리딘 등의 착화합물, 안트라퀴논계 염료, 다환퀴논계 염료 등일 수 있으며, 이러한 그룹에서 선택된 하나 또는 그 조합일 수 있다. 그러나, 이에 제한되지 않음은 물론이다.
- [0025] 한편, 제1 전극(112)과 그라핀 전극(130) 사이에는 전해질층(120)이 개재된다.
- [0026] 전해질층(120)은 홀 전도 기능이 있는 것이라면 어느 것이나 제한 없이 사용할 수 있다. 예를 들어, 전해질층(120)은 요오드화테트라부틸암모늄, 오드화리튬, 요오드화메틸에틸이미다졸륨, 요오드화메틸프로필이미다졸륨 및 요오드를 비프로톤성 극성용매, 예컨대, 아세토나이트릴, 에틸카보네이트, 메톡시프로피오나이트릴, 프로필렌카보네이트에 용해시킨 것을 포함한다. 또한 필요에 따라 트리페닐메탄, 카르바졸, N,N'-디페닐-N,N'-비스(3-메틸페닐)-1,1'-바이페닐-4,4'-디아민(TPD)과 같은 고체전해질을 사용할 수 도 있다. 그러나, 이에 제한되지 않음은 물론이다.
- [0027] 그라핀 전극(130)은 기관(132) 상에 형성된 그라핀층(134)을 포함하는데, 그라핀층(134)은 스�핀코팅 방법으로 형성된다. 한편, 스�핀코팅 방법으로 그라핀층(134)을 형성할 때에 바인더로 아세톤을 사용하기 때문에, 그라핀층(134)은 아세톤을 극미량 포함하고 있을 수 있다.
- [0028] 도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 제조방법을 도시한 순서도이다. 도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 그라핀 전극의 제조방법을 도시한 순서도이다. 도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 그라핀 전극의 제조방법을 설명하기 위한 도면들이다.
- [0029] 이하, 도 1 내지 도 9를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 제조방법에 대하여 설명한다.
- [0030] 우선, 도 3 및 도 4를 참조하면, 그라핀(136)과 아세톤(138)을 혼합하여 그라핀 아세톤 혼합액(134a)을 제조한다(S210). 이 때, 그라핀(136)과 아세톤(138)의 혼합비율은 예를 들어, 그라핀 1g에 아세톤을 15ml 내지 30ml의 비율로 혼합할 수 있으며, 보다 바람직하게는, 그라핀 1g에 아세톤 20ml 내지 25ml의 비율로 혼합할 수 있다. 이러한 상기 수치는 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 제조방법에 있어서, 특성이 우수한 그라핀층(134)을 형성하기 위한 조건의 하나이다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 제조방법에서는, 그라핀층(134)을 스�핀코팅 방법을 형성하기 위한 바인더로 아세톤을 사용하여 그라핀층(134)의 특성을 보다 향상시키고자 하였다.
- [0031] 이어서, 도 3 및 도 5를 참조하면, 스�핀코팅 장비(10)를 사용하여, 기관(132) 상에 그라핀 아세톤 혼합액(134a)을 도포한다(S220).
- [0032] 이 때, 스�핀코팅 공정은, 2 내지 18초 동안, 1000 내지 4500 RPM으로 수행할 수 있다. 보다 구체적으로, 2 내지 6초 동안, 2500 내지 2900 RPM으로 수행하거나, 4 내지 8초 동안, 1000 내지 1500RPM으로 수행하거나, 12 내지 17초 동안, 4000 내지 4500RPM으로 수행할 수 있다.

- [0033] 상기 스펀코팅 공정 조건은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지의 제조 방법으로 제조한 염료감응형 태양전지의 효율을 극대화하기 위한 것이다.
- [0034] 이어서, 도 3 및 도 6을 참조하면, 그래핀 아세톤 혼합액(134a)이 도포된 기판(132)을 열처리한다(S230).
- [0035] 이 때, 열처리 온도는 약 300 내지 500℃로 수행될 수 있으며, 열처리 공정을 통해 그래핀 아세톤 혼합액(134a)에 포함된 아세톤이 대부분 휘발된다. 그러나, 일부 극미량의 아세톤이 그래핀층(134)에 잔존할 수도 있다.
- [0036] 이어서, 도 1 내지 도 3을 참조하면, 열처리되어 최종 제공된 그래핀 전극(130)을 사용하여, 염료감응형 태양전지를 제조한다(S240).
- [0037] 이 때, 제조되는 염료감응형 태양전지의 구조는 도 1에 대한 설명에서 상술하였으므로, 이를 생략한다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 전극 및 그 제조 방법과 상기 그래핀 전극을 포함하는 염료감응형 태양전지 및 그 제조 방법에 따르면, 열 전도도 및 전자 이동성이 높고 물리적 특성이 뛰어난 물질인 그래핀을 사용하여 그래핀 전극을 형성하여, 염료감응형 태양전지에 사용한다. 이 때, 아세톤을 바인더로 사용하여 스펀코팅 방법으로 그래핀 전극을 형성함으로써, 그래핀 전극의 특성을 우수하게 유지 하면서도 보다 수월하고 저렴한 방법으로 그래핀 전극을 형성할 수 있다.
- [0039] 그래핀 전극을 사용한 염료감응형 태양전지는, 그 특성이 우수하고, 탄소전극에 비하여 염료에서 전달되는 전자를 투명전극으로 빠르게 이동시킬 수 있다. 따라서, 염료감응형 태양전지의 효율이 크게 증가할 수 있다.
- [0040] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 전극 및 그 제조 방법과 상기 그래핀 전극을 포함하는 염료감응형 태양전지 및 그 제조 방법에 따르면, 스펀코팅으로 그래핀 전극을 형성할 때에, 최적의 공정 조건을 사용하고 바인더로 아세톤을 사용함으로써, 그래핀층을 스펀코팅으로 형성하기 어렵던 본 기술분야의 문제를 해결하여, 저렴한 비용으로 간단하게 효율이 향상된 염료감응형 태양전지를 제공할 수 있다.
- [0041] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

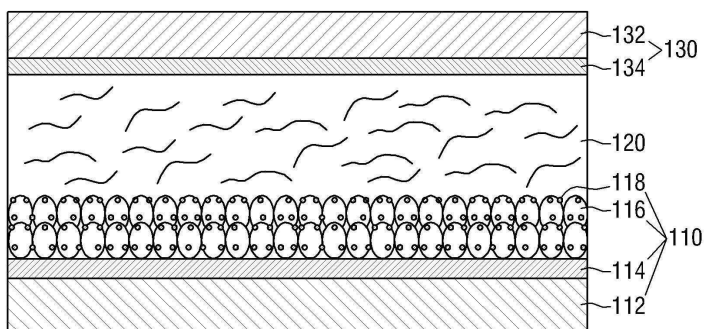
## 부호의 설명

- [0042] 100: 염료감응형 태양전지
- 110: 제1 전극                      120: 전해질층
- 130: 그래핀 전극                      134: 그래핀층

## 도면

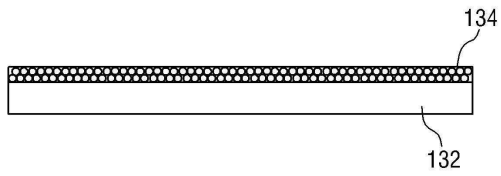
### 도면1

100

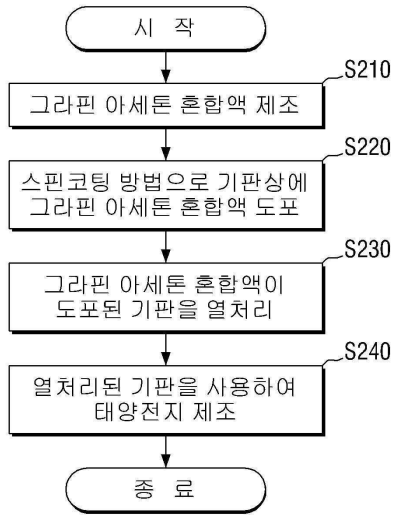




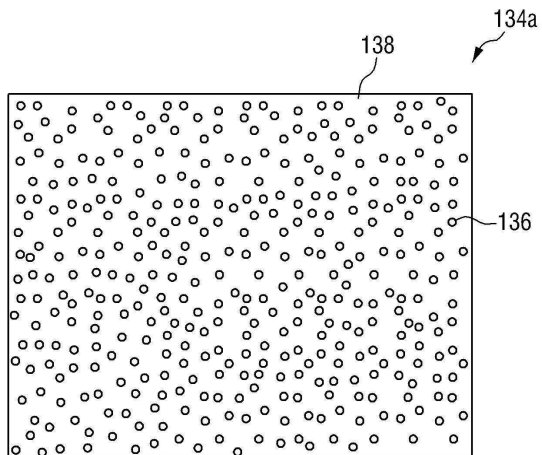
도면2



도면3

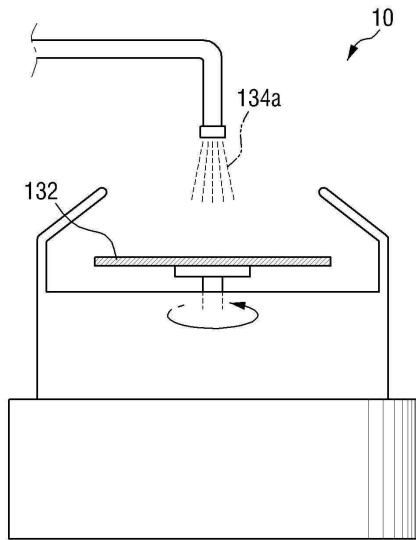


도면4





도면5



도면6

