



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월03일
 (11) 등록번호 10-1380552
 (24) 등록일자 2014년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 31/04 (2014.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0118876
 (22) 출원일자 2011년11월15일
 심사청구일자 2011년11월15일
 (65) 공개번호 10-2013-0053582
 (43) 공개일자 2013년05월24일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2006318770 A*
 KR1020050115406 A
 WO2010107795 A1
 KR1020060085465 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 현대하이스코 주식회사
 울산광역시 북구 염포로 706 (염포동)
 (72) 발명자
 동현배
 경기 의왕시 부곡북지관길 23, 102동 201호 (삼동, 장미아파트)
 강정현
 서울 동작구 사당로 32-1, (상도동)
 전유택
 경기 성남시 분당구 중앙공원로 20, 408동 406호 (서현동, 현대아파트)
 (74) 대리인
 특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 김주식

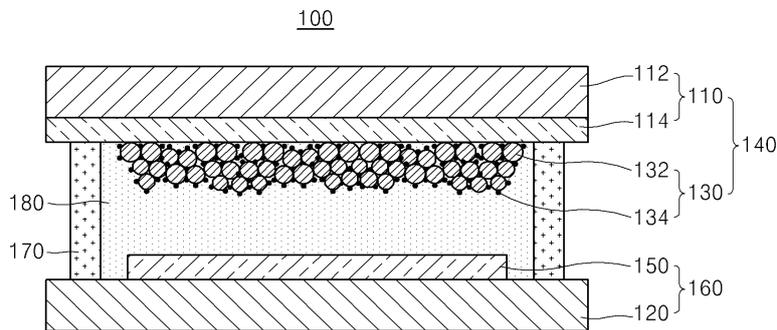
(54) 발명의 명칭 기능성 코팅층을 구비한 기판을 이용한 염료감응 태양전지

(57) 요약

전도성 및 전해질에 대한 내식성을 갖는 물질로 이루어진 기능성 코팅층이 구비된 기판을 이용한 염료감응 태양전지를 개시한다.

본 발명에 따른 염료감응 태양전지는, 금속 기판과, 전도성 및 전해질에 대한 내식성을 갖는 물질로 이루어진 기능성 코팅층을 포함하는 제1 기판; 상기 제1 기판과 대향되는 제2 기판; 상기 기능성 코팅층 상에 배치된 반도체 산화물 전극; 상기 제2 기판 상에 상기 반도체 산화물 전극과 마주하여 대응 배치된 상대전극; 및 상기 반도체 산화물 전극과 상기 상대전극 사이에 개재된 전해질층;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

스테인리스강 재질의 기판과, 상기 스테인리스강 재질의 기판 상에 형성되며 전도성 및 전해질에 대한 내식성을 갖는 물질로 이루어진 기능성 코팅층을 포함하되, 상기 기능성 코팅층이 티타늄, 크롬, 지르코늄 및 규소 중에서 어느 하나로 형성되거나 티타늄, 크롬, 지르코늄 및 규소 중 하나 이상을 포함하는 합금으로 형성되며, 상기 기능성 코팅층이 20nm 내지 2000nm 범위의 두께로 형성되는 제1 기판;

상기 제1 기판의 상기 기능성 코팅층 상에 배치된 반도체 산화물 전극;

상기 제1 기판과 대향되며, 투명 전극이 코팅된 투명 고분자 필름으로 형성되는 제2 기판;

상기 제2 기판 상에 상기 반도체 산화물 전극과 마주하여 대응 배치된 상대전극; 및

상기 반도체 산화물 전극과 상기 상대전극 사이에 개재된 전해질층;을 포함하며,

상기 제2 기판을 통과하여 태양광이 입사되는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 염료감응 태양전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기능성 코팅층을 구비한 기판을 이용한 염료감응 태양전지에 관한 것이다.

[0002]

배경기술

[0003] 염료감응 태양전지(Dye-sensitized solar cells; DSSCs)는 가시광선을 흡수하여 전자-홀 쌍(electron-hole pair)을 생성할 수 있는 염료분자와, 생성된 전자를 전달하는 전이금속 산화물을 주 구성 재료로 하는 광 전기 화학적 태양전지이다.

[0004] 일반적으로, 염료감응 태양전지는 서로 대향되는 두 유리기판 사이에 빛을 받아 전자를 발생시키는 염료가 흡착된 다공성의 전이금속 산화물층과, 상기 전이금속 산화물층과 대향되는 촉매박막전극, 및 이들 사이에 개재된 전해질로 이루어져 있다.

[0005] 이상의 염료감응 태양전지의 구성요소 중 유리기관은 표면에 도전성 투명전극이 코팅되어 있다. 이 도전성 투명전극으로는 주로 불소가 도핑된 산화주석(fluorine doped tin oxide; FTO)이 사용되고 있는데, 이는 FTO가 전해질과의 반응성이 가장 낮아 장시간의 사용에도 안정하기 때문이다.

[0006] 그러나 FTO 코팅 유리기관은 태양전지 전체 비용의 60%를 차지할 만큼 상대적으로 값이 비싸고, 상대적으로 저항이 10~15Ω/cm²로 크며, 깨지기 쉽다는 단점이 있다. 또한, 휘어지지 않는 특성으로 인해 유연한(flexible) 염료감응 태양전지의 도입을 어렵게 하고 있다.

[0007] 관련 선행문헌으로는 대한민국 등록특허 제10-0786334호(2007.12.17. 공고)가 있으며, 상기 문헌에는 FTO 박막을 증착시킨 유리기관에 대하여 개시하고 있다. 최근에는 유연한 염료감응 태양전지가 주목 받고 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다.

[0008]

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 기관에 대해 전도도 및 전해질에 대한 내식성을 향상시킬 수 있는 기능성 코팅층을 구비한 기관을 이용하여 전지의 효율을 향상시킬 수 있는 염료감응 태양전지를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지는, 금속 기관과, 전도성 및 전해질에 대한 내식성을 갖는 물질로 이루어진 기능성 코팅층을 포함하는 제1 기관; 상기 제1 기관과 대향되는 제2 기관; 상기 기능성 코팅층 상에 배치된 반도체 산화물 전극; 상기 제2 기관 상에 상기 반도체 산화물 전극과 마주하여 대응 배치된 상대전극; 및 상기 반도체 산화물 전극과 상기 상대전극 사이에 개재된 전해질층;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011]

발명의 효과

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면 상부 전극 구조체의 기관에 전도성 및 전해질에 대한 내식성을 갖는 물질로 이루어진 기능성 코팅층을 구비하여 기관에 대해 전도도를 향상시키고 전해질에 의한 부식을 방지함으로써 염료감응 태양전지의 효율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지를 도시한 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 염료감응 태양전지에 관하여 설명하기로 한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 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 구성요소를 지칭한다.

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지를 도시한 단면도이다.

[0016] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지(100)는, 금속 기관(112) 및 기능성 코팅층(114)을 포함하는 제1 기관(110), 제1 기관(110)과 대향되는 제2 기관(120), 기능성 코팅층(114) 상에 배치된

반도체 산화물 전극(130), 제2 기관(120) 상에 반도체 산화물 전극(130)과 마주하여 대응 배치된 상대 전극(150), 가장자리를 따라 제1 기관(110)과 제2 기관(120)을 접합시키는 실링부재(170) 및 반도체 산화물 전극(130)과 상대 전극(150) 사이에 개재된 전해질층(electrolyte layer, 180)을 포함할 수 있다.

[0017] 상기 제1 기관(110)은 금속 기관(112) 및 금속 기관(112)의 적어도 일 표면에 형성된 기능성 코팅층(114)으로 형성될 수 있다.

[0018] 예를 들어, 금속 기관(112)은 스테인리스강(stainless steel; SUS), 철(Fe), 티타늄(Ti), 알루미늄(Al) 및 니켈(Ni) 중에서 하나 이상을 포함하는 재료로 형성될 수 있다. 바람직하게, 금속 기관(112)은 전해질에 대한 내식성이 우수한 SUS로 형성될 수 있다.

[0019] 이 외에도 SUS 기관은 가격 경쟁력이 있고, 구입이 용이하고, 쉽게 휘는 특성을 가진다. 또한, 아래의 표 1에 나타낸 바와 같이 FTO 코팅 유리에 비해 높은 전도도를 가지며, 고온으로 가열한 후에도 높은 전도도를 유지한다는 장점을 가진다.

표 1

기관의 종류	면 저항(Ω/cm^2)	
	열처리 전	열 처리 후(500°C, 1시간)
FTO 코팅 유리	14.4	66.7
Ti	0.40×10^{-3}	0.70×10^{-3}
SUS	0.91×10^{-3}	0.91×10^{-3}

[0021] 그러나, SUS 기관은 I(iodine)와 I^- (iodide anion)에 대해서 내식성이 취약하여 전해질에 의한 부식을 충분히 억제하는데 한계가 있으므로 이에 대한 보완이 요구되며, 이에 대해서는 후술하기로 한다.

[0022] 여기서, 금속 기관(112)은 강성(rigidity) 또는 유연성(flexibility)의 특성을 가질 수 있다. 금속 기관(112)이 유연한 특성을 가질 때, 금속 기관(112)은 수 μm 내지 수 mm의 두께로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0023] 기능성 코팅층(114)은 제1 기관(110)의 전도도 향상 및 전해질에 대한 내식성 향상을 위한 것으로, I^- 이온에 대한 내식성이 강하고, 전도성이 우수하여 전자의 이동이 용이한 물질로 형성될 수 있다.

[0024] 예를 들어, 기능성 코팅층(114)은 티타늄(Ti), 크롬(Cr), 지르코늄(Zr) 및 규소(Si) 중 하나 이상을 포함하는 재료로 형성되거나 티타늄, 크롬, 지르코늄 및 규소 중 하나 이상을 포함하는 합금(alloy)으로 형성될 수 있다. 기능성 코팅층(114)은 높은 전도도를 가지며(표 1 참조), 전해질에 대한 부식을 방지할 수 있도록 전해질에 대한 내식성이 우수한 티타늄(Ti)으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0025] 이러한 기능성 코팅층(114)은 20nm 내지 2000nm 범위의 두께로 형성될 수 있다. 기능성 코팅층(114)의 두께가 20nm 미만일 경우, 전해질에 대한 내식성을 가질 수 없다. 반면, 기능성 코팅층(114)의 두께가 2000nm를 초과하는 경우, 코팅 비용이 많이 들고, 금속 기관(112)에 대한 밀착력이 떨어질 수 있다.

[0026] 제2 기관(120)은 투명성을 가질 수 있다. 이 경우, 제2 기관(120)은, 예를 들어, 투명 전극이 코팅된 투명 고분자 필름으로 형성될 수 있다.

[0027] 예를 들어, 투명 고분자 필름은 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylene naphthalate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene terephthalate; PET), 폴리카보네이트(polycarbonate; PC), 폴리에테르술폰(polyethersulphone; PES), 및 폴리이미드(Polyimide; PI) 중에서 하나 이상을 포함하여 형성될 수 있다. 투명 전극은 상대 전극(150)과 접촉하는 면에 배치되고, 예를 들어 인듐주석(Indium Tin Oxide; ITO)으로 형성될 수 있다.

- [0028] 또한, 제2 기관(120)은 강성 또는 유연성의 특성을 가질 수 있다. 제2 기관(120)이 유연한 특성을 가질 때, 제2 기관(120)은 수 μm 내지 수 mm 의 두께로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0029] 제2 기관(120)의 적어도 일 영역에는 전해질층(180) 형성 시 주입구로 사용되는 하나 이상의 전해질 주입구(미도시) 형성될 수 있다.
- [0030] 제1 기관(110)과 제2 기관(120)이 유연한 특성을 가질 경우, 염료감응 태양전지(100)는 유연한(flexible) 특성을 가질 수 있다. 즉, 제품의 외형을 변형시킬 수 있는 외력(external force) 하에서도, 염료감응 태양전지(100)는 실질적인 기능 상실 또는 제품 파손 없이 정상적으로 동작할 수 있다.
- [0031] 반도체 산화물 전극(130)은 제1 기관(110)과 제2 기관(120) 사이에서 제1 기관(110)의 측단으로부터 내부로 일정간격 이격되어 기능성 코팅층(114) 상에 형성될 수 있다. 반도체 산화물 전극(130)은 작동 전극(working electrode)으로서, 다공성(porous)의 반도체 산화물층(132) 및 반도체 산화물층(132)의 표면에 흡착되는 염료(134)를 포함할 수 있다.
- [0032] 반도체 산화물층(132)은 전이 금속 산화물을 포함하는 금속 산화물들 중 적어도 하나의 산화물 반도체 입자들로 형성될 수 있다. 예를 들어, 전이 금속 산화물은 이산화티탄(TiO_2), 이산화주석(SnO_2), 이산화지르코늄(ZrO_2), 이산화규소(SiO_2), 산화마그네슘(MgO), 오산화니오븀(Nb_2O_5) 및 산화아연(ZnO) 등으로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상일 수 있다. 반도체 산화물층(132)은 광 효율 향상을 위하여 아나타제형의 이산화티탄(TiO_2)으로 형성되는 것이 바람직하다. 반도체 산화물층(132)의 형성 물질은 상술한 물질들에 특별히 한정되는 것은 아니다.
- [0033] 반도체 산화물층(132)은, 예를 들어, 평균 입경 5 내지 30nm인 나노(nano)급 사이즈의 입자 크기를 가지는 산화물 반도체 입자들로 형성될 수 있다.
- [0034] 염료(134)는 반도체 산화물층(132)에 흡착되어 태양광에 의해 여기 전자를 생성할 수 있는 염료 분자들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 염료(134)는 금속 복합체로 형성될 수 있으며, 이 경우, Ruthenium 535-bisTBA(N719) 또는 Ruthenium 620-1H3TBA(Black dye) 등의 루테늄 착체(錯體)와 같은 염료 분자들로 이루어질 수 있다. 이와는 다르게, 염료(134)는 유기 염료(organic dye), 양자점(quantum-dot) 또는 자연 염료(natural dye) 중 적어도 하나의 염료 분자들로 이루어질 수 있다. 염료(134)는 태양광에 의해 여기 전자를 생성할 수 있는 염료 분자들이라면 특별히 이에 한정되지 않는다. 여기서, 제1 기관(110) 및 반도체 산화물 전극(130)은 상부 전극 구조체(140)로 형성된다.
- [0035] 상대 전극(150)은 반도체 산화물 전극(130)과 대향되어 서로 마주보도록 배치된다. 상대 전극(150)은 제2 기관(120)의 측단으로부터 내부로 일정간격 이격되어 반도체 산화물 전극(130)과 대응되도록 제2 기관(120) 상에 형성될 수 있다.
- [0036] 상대 전극(150)은 전해질의 환원 과정에 참여할 수 있도록 전해질층(180)과 접촉된다. 전해질층(180)이 요오드계 산화환원 전해질(redox iodide electrolyte)을 포함한다면, 상대 전극(150)은 백금(Pt) 또는 카본 계로 형성될 수 있다. 여기서, 제2 기관(120) 및 상대 전극(150)은 하부 전극 구조체(160)로 형성된다.
- [0037] 제1 기관(110)과 제2 기관(120)은 실링부재(170)에 의해 가장자리를 따라 서로 접합되어 실링(sealing)된다. 실링부재(170)의 일 측은 기능성 코팅층(114)의 상면과 접촉되고, 타 측은 제2 기관(120)의 상면과 접촉된다. 실링부재(170)는 반도체 산화물 전극(130) 및 상대 전극(150)을 둘러싸는 폐루프(closed loop) 형상일 수 있다. 실링부재(170)에 의해 제1 기관(110)과 제2 기관(120) 사이에 공간이 구획된다.
- [0038] 전해질층(180)은 실링부재(170)에 의해 구획된 제1 기관(110)과 제2 기관(120) 사이의 공간에 개재될 수 있다. 구체적으로, 전해질층(180)은 반도체 산화물 전극(130)과 상대 전극(150) 사이의 공간에서 액체, 준고체 또는 고체 상태의 전해질로 채워질 수 있다.

[0039] 예를 들어, 전해질층(180)은 요오드계 산화환원 전해질을 포함할 수 있다. 이 경우, 전해질층(180)은 0.6M의 3-프로필-1,2-디메틸 이미다졸륨 아이오다이드(3-propyl-1,2-dimethyl imidazolium iodide; DMPImI), 0.1M의 요오드화리튬(LiI) 및 40mM의 I₂(Iodine)를 아세토니트릴(acetonitrile) 용액에 용해시킨 I₃⁻/I⁻의 전해액일 수 있다. 전해질층(180)은 염료(134)에 산화-환원반응에 의해 전자를 공급할 수 있는 범위 내에서 다양한 전해질 용액을 이용할 수 있음은 물론이다.

[0040] 도시하지 않았으나, 염료감응 태양전지(100)는 제1 기관(110)과 제2 기관(120) 각각에 접속된 외부 회로를 더 포함할 수 있다.

[0041] 이러한 염료감응 태양 전지(100)의 구동 메카니즘은 다음과 같다. 염료감응 태양전지(100) 내로 제2 기관(120)을 통과하여 태양광이 입사되면 염료(134)에 빛이 흡수되고, 이에 따라 염료 분자는 기저상태(ground state)에서 여기상태(excited state)로 전자 전이하여 전자-홀 쌍(electron-hole pair)을 생성하고, 여기상태의 전자는 반도체 산화물층(132)의 전도띠(conduction band)로 주입되며, 반도체 산화물 전극(130)으로 주입된 전자는 나노 입자간 계면을 통하여 기능성 투명층(114)으로 전달되어 전류를 발생시키게 된다. 염료 분자에 생성된 정공은 산화-환원 전해질에 의해 전자를 받아 다시 환원되게 된다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응 태양전지(100)는 제1 기관(110)에 전도성 및 전해질에 내식성을 갖는 물질로 이루어진 기능성 코팅층(114)을 구비하여 제1 기관(110)의 전도도를 향상시키면서 제1 기관(110)의 전해질에 대한 내식성을 향상시킬 수 있다. 이에 따라, 제1 기관(110)에서의 전자의 이동도를 높이고, 전해질에 의한 제1 기관(110)의 부식을 방지하여 염료감응 태양전지(100)의 효율을 향상시킬 수 있다.

[0043] 또한, 제1 기관(110)은 금속 재료로, 제2 기관(120)은 고분자 재료로 형성하되 이들 두 기관(110, 120)의 두께를 조절하여 두 기관(110, 120)이 유연성을 갖도록 할 경우에는 유연한 염료감응 태양전지(100)의 제작이 가능하다.

[0044] 이하, 기능성 코팅층의 두께에 따른 전지 효율 및 기능성 코팅층 적용에 따른 전도도를 평가하였다.

[0045] <기능성 코팅층의 두께에 따른 전지 효율 평가>

[0046] 아래의 표 2는 SUS 기관 상에 형성된 기능성 코팅층의 두께에 따른 염료감응 태양전지 소자의 전압-전류 밀도 측정 결과이다. 기능성 코팅층으로는 Ti가 사용되었으며, 사용된 Ti의 두께는 100nm, 500nm, 1000nm이다. 이의 구성은 통상의 염료감응 태양전지와 동일하게 형성하였다.

표 2

기관 종류	Jsc(mA/cm ²)	Voc(V)	FF	Efficiency(%)
Ti(100nm)/SUS	11.8	0.760	0.74	6.8
Ti(500nm)/SUS	13.2	0.761	0.72	7.4
Ti(1000nm)/SUS	12.2	0.789	0.75	7.3

[0048] 여기서, Jsc는 쇼트 회로 전류(short-circuit current)이고, Voc는 개방 회로 전압(open-circuit voltage)이고, FF는 충전율(fill factor)을 의미한다.

[0049] 표 2를 참조하면, 동일 조건 하에서 Ti의 두께가 100nm에서 500nm로 증가할 때에는 효율이 6.8%에서 7.4%로 월등히 증가하였으나, 500nm에서 1000nm로 증가할 때에는 효율이 7.4%에서 7.3%로 약간 감소하였으며, Ti의 두께가 500nm일 때 효율이 최대임을 확인할 수 있었다.

[0050] 이를 통해, Ti를 적용한 기능성 코팅층은 500nm의 두께로 형성되는 것이 전지의 효율이나 제조 비용 측면에 있어서 바람직함을 알 수 있었다.

[0051] <기능성 코팅층 적용에 따른 전도도 평가>

[0052] 아래의 표 3은 기존의 FTO 코팅 유리 기판과 기능성 코팅층이 형성된 SUS 기판의 전도도 측정 결과이다. 기능성 코팅층으로는 Ti가 사용되었으며, 사용된 Ti의 두께는 500nm이다. 그리고, 사용된 FTO의 두께는 500nm이다. 이외의 구성은 통상의 염료감응 태양전지와 동일하게 형성하였으며, 소자는 2.0×3.5cm² 크기로 제작하였다.

표 3

기판의 종류	FTO/유리	Ti/SUS
저항(Ω/cm ²)	1.03×10	5.35×10 ⁻³

[0054] 표 3을 참조하면, 1.03×10의 전도도를 가지는 FTO 코팅 유리 기판에 비해 Ti 코팅 SUS 기판의 전도도가 5.35×10⁻³으로 월등히 우수함을 확인할 수 있었다. 이를 통해, FTO 코팅 유리 기판을 사용하는 것보다 Ti 코팅 SUS 기판을 사용하는 것이 전도도 향상 측면에 있어서 바람직함을 알 수 있었다.

[0055] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형은 본 발명이 제공하는 기술 사상의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구 범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

부호의 설명

- [0056] 100 : 염료감응 태양전지 110 : 제1 기판
- 112 : 금속 기판 114 : 기능성 코팅층
- 120 : 제2 기판 130 : 반도체 산화물 전극
- 132 : 반도체 산화물층 134 : 염료
- 140 : 상부 전극 구조체 150 : 상대 전극
- 160 : 하부 전극 구조체 170 : 실링 부재
- 180 : 전해질층

도면

도면1

