



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

(45) 공고일자 2014년10월29일  
 (11) 등록번호 10-1454397  
 (24) 등록일자 2014년10월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01L 31/042 (2014.01) H01L 31/18 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-0127391  
 (22) 출원일자 2012년11월12일  
 심사청구일자 2012년11월12일  
 (65) 공개번호 10-2014-0062537  
 (43) 공개일자 2014년05월26일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR100540157 B1\*  
 KR1020120119073 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 한국전기연구원  
 경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)  
 (72) 발명자  
 서선희  
 경남 창원시 성산구 원이대로 495, 214동 801호 (반림동, 트리비앙아파트)  
 김미형  
 경남 창원시 성산구 가양로 99, 407동 1001호 (남양동, 개나리4차아파트)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 특허법인부경

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 이귀남

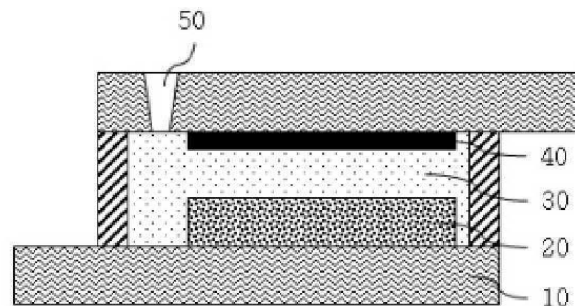
**(54) 발명의 명칭 코발트기반 산화환원쌍을 포함한 전해질을 이용한 염료감응 태양전지 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 염료감응 태양전지에 관한 것으로서, 촉매제로 백금을 포함하여 이루어진 상대전극과, 염료 분자와 다공성 반도체 산화물을 포함하여 이루어진 광전극과, 상기 두 전극 사이에 충전된 전해질을 포함하여 이루어진 염료감응 태양전지에 있어서, 상대전극으로 사용하기 위한 백금을 전도성기판에 코팅하는 제1단계; 상기 코팅된 백금을 300 내지 500 온도로 고온 열처리 하는 제2단계; 상기 1단계 또는 2단계에서 준비된 시료를 진공건조하는 제3단계; 상기 3단계를 거친 시료를 염료감응 태양전지의 상대전극으로 사용하여 광전극과 조립하는 제4단계; 그리고 상기 제4단계를 거친 상태에서 코발트계 산화환원쌍을 포함하는 전해질을 상대습도 1%이하에서 주입하는 제5단계:로 이루어지되, 5단계는 상대습도 1%이하의 상태에서 전해질이 주입되도록 하고, 글러브 박스 또는 드라이룸에서 이슬점 -50 내지 -40℃(온도 20 내지 30℃)의 상태에서 진공역류주입법에 의해 주입되도록 하는 코발트기반 산화환원쌍을 포함한 전해질을 이용한 염료감응 태양전지 제조방법을 제공하는 것을 그 기술적 특징으로 한다.

상기 과제 해결 수단에 의해 본 발명은, 백금 촉매제와 전해질의 수분오염을 최소화 함으로써 더 우수한 광전특성을 갖는 효과가 있다.

**대표도** - 도2



(72) 발명자

**윤성환**

경남 창원시 성산구 대암로101번길 1, (대방동)

**이동윤**

경남 김해시 계동로102번길 24, 405동 1103호 (대  
청동, 갑오마을부영아파트)

**정은지**

전라북도 고창군 무장면 강남리 81

**차승일**

경상남도 창원시 의창구 두대동 더시티세븐 자이  
103동 2508호

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

촉매제로 백금을 포함하여 이루어진 상대전극과, 염료 분자와 다공성 반도체 산화물을 포함하여 이루어진 광전극과, 상기 두 전극 사이에 충전된 전해질을 포함하여 이루어진 염료감응 태양전지에 있어서,

상대전극으로 사용하기 위한 백금을 전도성기판에 코팅하는 제1단계;

상기 코팅된 백금을 300 내지 500℃ 온도로 고온 열처리 하는 제2단계;

상기 1단계 또는 2단계에서 준비된 시료를 진공건조하는 제3단계;

상기 3단계를 거친 시료를 염료감응 태양전지의 상대전극으로 사용하여 광전극과 조립하는 제4단계; 그리고

상기 제4단계를 거친 상태에서 코발트계 산화환원쌍을 포함하는 전해질을 주입하는 제5단계:로 이루어지되,

상기 제5단계는,

상대습도 1%이하의 상태에서 전해질이 주입되도록 하고, 글러브 박스 또는 드라이룸에서 이슬점 -50 내지 -40℃ (온도 20 내지 30℃)의 상태에서 진공역류주입법에 의해 주입되도록 하는 것을 특징으로 하는 코발트기반 산화환원쌍을 포함한 전해질을 이용한 염료감응 태양전지제조방법.

**청구항 4**

제3항에 있어서, 상기 제3단계는 20 내지 250℃ 온도 범위의 진공오븐에서 10 내지 20시간 진공건조하는 것을 특징으로 하는 코발트기반 산화환원쌍을 포함한 전해질을 이용한 염료감응 태양전지 제조방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 염료감응 태양전지에 관한 것으로서, 상대전극에 백금을 촉매제로 사용하고, 코발트계 산화환원쌍을 포함한 전해질을 이용할 경우, 백금기반 전도성기판을 조립전에 진공건조하고 전해질 주입조건을 글러브박스 이상의 습도가 낮은 환경에서 실시하여 태양전지의 전류밀도, 개방전압 및 채움인자가 향상되어 고효율을 달성할 수 있도록 한 코발트기반 산화환원쌍을 포함한 전해질을 이용한 염료감응 태양전지에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 일반적으로, 태양전지는 감광물질이 빛을 흡수하여 전자와 정공을 발생하는 광기전효과를 이용하여 전류-전압을 생성하는 전지를 의미한다. 기존 태양전지에는 고순도의 실리콘이나 갈륨아세나이드(GaAs)와 같은 무기물 반도체가 p-n 접합용 다이오드로 주로 사용되었다. 이러한 반도체기반 태양광시스템 구축시 고가의 실리콘 소재 및 웨이퍼가 차지하는 비중이 높아 태양전지 활용의 걸림돌이 되었다. 이러한 문제점을 해결하고자 유기 태양전지 혹은 염료를 이용한 염료감응형 태양전지와 같은 저가형 태양전지의 개발이 활발히 이루어지고 있는 실정이다.

[0003] 상기 염료감응 태양전지는 염료 분자의 태양광 흡수 능력을 이용하여 전기화학적으로 전자를 생성하는 태양전지로, 일반적으로는, 전도성 투명 기판 위에 다공성 반도체, 염료, 전해질, 촉매제 등을 구비하고 있다. 광전극은 나노(nano) 다공질막의 형태로 존재하는 TiO<sub>2</sub>와 같은 넓은 밴드갭을 가진 n형 산화물 반도체로 구성되어 있고, 이 표면에 단분자 층의 염료 분자가 흡착 되어 있다. 광흡수에 의해 염료 분자는 전자를 생성하여 다공성 반도체 산화물 층의 전도대(conduction band)로 주입하게 된다. 이때 전해질은 산화된 염료 분자가 다시 광흡수를 하여 전자를 생성할 수 있도록 전자를 공급해주는 산화환원쌍을 포함하는데, 일반적으로 요오드계 또는 코발트

계 이온이 주로 사용된다. 산화된 염료 분자를 환원시킨 후 산화된 요오드 또는 코발트 이온은 백금과 같은 촉매제에서 전자를 받아 환원되고, 이렇게 환원된 요오드 또는 코발트 이온이 다시 염료 분자에 공급되는 순환과정을 통해 광전자가 외부로 추출된다.

[0004] 에너지 변환효율은 전류-전압 곡선의 측정에 의해 계산된다. 도 1과 같은 모양을 갖는 이 곡선은 전류가 영일 때 전압을 개방전압( $V_{oc}$ , V), 인가 전압이 영일때의 전류를 단락전류밀도( $J_{sc}$ ,  $mA/cm^2$ ) 그리고 그 곡선의 직각 정도를 나타내는 채움인자(fill factor)로 특징지어진다. 이때 에너지 변환효율은 전류-전압곡선으로부터 얻어진 최대 출력을 태양전지에 입사되는 빛의 밀도로 나눈 값이 된다. 높은 효율을 위해서는  $V_{oc}$ 와  $J_{sc}$ 가 크고, 전류-전압곡선이 직각에 가까울수록 좋다. 염료감응 태양전지의  $V_{oc}$ 는 전해질의 산화환원 에너지 준위와 반도체산화물의 페르미 준위와의 간격이 되는데, 반도체 산화물 표면에 흡착되는 미량 성분에 따라 영향을 받게 된다. 즉, 반도체 산화물의 순도와 전해질의 조성은 태양전지 효율에 중요한 영향을 미친다. 또한, 상대전극으로 염료감응 태양전지에서 전해질의 산화-환원 순환작용을 돕는 촉매제로 사용되는 백금 촉매전극 역시 불필요한 불순물 등에 의하여 태양전지의 효율을 떨어뜨리게 된다.

[0005] 통상적으로 염료감응 태양전지의 효율을 높이기 위하여 백금 촉매 전극은 진공 증착을 하거나, 페이스트 형태를 도포 후 400°C에서 열처리 함으로써 백금 나노입자를 형성하여 불순물을 최대한 억제된 상태로 사용하게 되고, 주입되는 전해질역시 최대한 불순물이 억제되는 상태에서 주입되게 된다.

[0006] 그러나, 백금 전극의 가공공정 중 표면에 쉽게 흡착되는 수분은 코발트계 전해질과의 계면저항을 증가시키는 문제점이 있다. 또한 전해질 주입시 통상적으로 일반적인 대기 상태에서 주입시 상대습도가 20%이상의 상태가 되어 불필요한 수분오염을 야기하게 되고, 이는 전지의 효율을 저해하는 요소가 되는 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명은 이러한 종래의 문제점들을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 백금기반 촉매제를 이용하고, 전해질로써 코발트계 산화환원쌍을 이용하는 경우 높은 에너지변환효율을 구현할 수 있도록 하는 백금전극의 진공건조 및 전해질의 주입조건을 변화하여 태양전지에서 효율의 저하를 야기하는 수분오염을 최소화시키도록 한 코발트기반 산화환원쌍을 포함한 전해질을 이용한 염료감응 태양전지 제조방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 촉매제로 백금을 포함하여 이루어진 상대전극과, 염료 분자와 다공성 반도체 산화물을 포함하여 이루어진 광전극과, 상기 두 전극 사이에 충전된 전해질을 포함하여 이루어진 염료감응 태양전지에 있어서, 상대전극으로 사용하기 위한 백금을 전도성기판에 코팅하는 제1단계; 상기 코팅된 백금을 300 내지 500°C 온도로 고온 열처리 하는 제2단계; 상기 1단계 또는 2단계에서 준비된 시료를 진공건조하는 제3단계; 상기 3단계를 거친 시료를 염료감응 태양전지의 상대전극으로 사용하여 광전극과 조립하는 제4단계; 그리고 상기 제4단계를 거친 상태에서 코발트계 산화환원쌍을 포함하는 전해질을 주입하는 제5단계:로 이루어지되 제5단계는 상대습도 1%이하의 상태에서 전해질이 주입되도록 하고, 글러브박스 또는 드라이룸에서 이슬점 -50 내지 -40°C(온도 20 내지 30°C)의 상태에서 진공역류주입법에 의해 주입되도록 한다. 또한, 상기 제3단계는 20 내지 250°C의 진공오븐에서 1 내지 20시간 동안 진공건조하여 사용하도록 한다.

[0009] 삭제

**발명의 효과**

[0010] 상기 과제 해결 수단에 의해 본 발명은, 백금 촉매제와 전해질의 수분오염을 최소화 함으로써 더 우수한 광전특성을 갖는 효과가 있다. 즉, 향상된 에너지 변환 효율을 장시간 잘 유지할 수 있도록 백금촉매제와 전해질의 화학적 안정성을 확보할 수 있었으며, 이에 따라 보다 향상된 염료감응형 태양전지를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0011] 도 1 - 태양전지에서 얻어지는 일반적인 전류-전압 곡선을 개략적으로 그린 도.
- 도 2 - 본 발명의 실시예에 따른 염료감응 태양전지의 구성을 개략적으로 도시한 단면도.
- 도 3 - 본 발명에 의한 백금시료를 포함한 시료1 내지 시료3에 의한 태양전지 전류-전압특성을 나타낸 그래프.
- 도 4 - 본 발명에 의한 백금시료를 포함한 시료1 내지 시료3에 의한 코발트계 전해질 기반 염료감응 태양전지의 특성값을 나타낸 표.
- 도 5 - 본 발명에 의한 백금시료를 포함한 시료1 내지 시료3에 따른 코발트계 전해질에 적용된 염료감응 태양전지의 임피던스 스펙트럼을 나타낸 도.
- 도 6 - 본 발명에 의한 전해질주입을 포함한 시료4 내지 시료6에 의한 태양전지 전류-전압특성을 나타낸 그래프.
- 도 7 - 본 발명에 의한 전해질 주입을 포함한 시료4 내지 시료6에 따른 코발트계 전해질이 적용된 염료감응 태양전지의 임피던스 스펙트럼을 나타낸 도.
- 도 8 - 본 발명에 의한 전해질 주입을 포함한 시료4 내지 시료6에 의한 코발트계 전해질 기반 염료감응 태양전지의 특성값을 나타낸 표.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0012] 본 발명은 염료감응 태양전지에 관한 것으로서, 상대전극에 백금 촉매제를 사용하고, 전해질로써 코발트계 전해질과 MK-2 유기염료를 사용하는 통상의 염료감응 태양전지에서 제조방법을 달리하여 수분오염을 최소화하여 에너지 변환효율을 향상시키고, 내구 수명을 장시간 유지할 수 있도록 하는 것이다.
- [0013] 이하, 첨부 도면에 따라 본 발명의 실시 상태를 상세히 설명하고자 한다.
- [0014] 도 2에 의하면, 본 발명의 실시예에 따른 염료감응 태양전지는 전도성 투명 기관(10) 위에 염료가 흡착된 광전극(20), 전해질(30), 상대전극(40)이 나타나 있으며, 이하 본 발명에서 수분오염을 최소화 하도록 하는 태양전지의 제조방법을 설명하도록 한다.
- [0015] 먼저, 상대전극으로 사용되는 백금을 전도성기관에 코팅하는 단계이다. 통상 이 단계는 일반적인 과정으로써, 전도성 기관은 에프티오(FTO), 아이티오(ITO), 탄소계투명전극이 코팅된 유리기관, 플라스틱 기관, 금속기관, 섬유형기관, 직물형기관 등 통상 사용되는 어느 것이나 가능하다. 이러한 전도성 기관위에 백금을 코팅하는 방법으로는 스퍼터링법에 의해 코팅 박막, H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>와 같은 백금전구체의 희석용액의 건조, 닥터블레이드법이나 스크린인쇄법 등을 이용한 상용 백금페이스트 코팅, 전기도금 중 어느 하나 또는 둘 이상을 혼합하여 사용하여도 좋다.
- [0016] 두번째 단계로 백금의 비표면적 향상, 결정성 향상, 유기성 불순물 제거를 목적으로 하여 300 내지 550℃ 범위의 온도에서 대기중, 질소분위기 또는 아르곤 분위기 하에서 열처리하여 사용하도록 한다. 이러한 첫번째, 두번째 단계는 상대전극으로 백금을 사용하는 경우 일반적으로 사용되는 과정이므로 이하 자세한 과정을 생략하기로 한다.
- [0017] 다음, 세번째 단계로 백금표면의 수분오염의 최소화를 위하여 진공건조하는 단계이다. 즉, 상술하다시피 태양전지의 효율향상을 위해서는 불순물에 의한 효율저하를 최소화시켜야 하며, 이를 위해서는 백금표면에 잔존하는 수분역시 불순물이므로 이를 제거하는 것이 바람직하다. 백금표면에 잔존하는 수분은 유기용매 기반 코발트계 전해질과의 계면에서 에너지 장벽이 형성되어 주로 채움인자(fill factor)에 영향을 주어 태양전지의 효율을 감소시킨다. 따라서 백금표면 처리를 20 내지 250℃의 온도 범위의 진공에서 건조되도록 하여 백금표면의 대기중 수분 흡착을 최대한 억제 되도록 한다. 상기 두 번째 단계를 거치지 않아도 무방한 진공증착 백금박막 이나 전기도금된 백금 상대전극은 1단계 후 진공건조하는 3단계로 접어드는 것도 무방하다.
- [0018] 네번째 단계로 상기3단계를 거친 시료를 염료감응 태양전지의 상대전극으로 사용하여 광전극과 조립하는 단계로써 이는 일반적인 과정이므로 이하 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0019] 다섯번째 단계로 수분오염을 억제하도록 하는 전해질 주입단계이다. 본 발명에서 사용되는 전해질은 통상적으로 사용되는 코발트계로써 산화환원쌍을 코발트원자를 중심금속으로 삼는 리간드를 포함하는 것으로 MK-2 유기염료와 같이 사용한다. 이러한 전해질의 주입을 통상의 제조방법과 비교하면, 종래에서는 일반실험실에서 전해

질 주입구(50)를 통해 단순히 전해질을 주입하게 되며, 이 경우 통상 실험실의 상대습도는 20%이상으로 존재하게 되며, 이러한 환경하에서는 전해질에 미량의 수분이 존재하고, 이러한 수분은 태양전지의 효율을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다. 본 발명에서는 이러한 전해질 주입시 수분오염이 최소화 되도록 상대습도 1%이하의 글러브박스 또는 드라이룸에서 전해질을 주입함으로써 수분오염을 최소화 하도록 한다.

- [0020] 따라서 본 발명에서는 세번째 단계의 백금의 진공건조에 의한 백금표면의 수분오염 최소화와 다섯번째 단계의 전해질 주입시 수분오염을 최소화하여 수분에 의한 태양전지의 효율 저하를 막음으로써 내구성 향상 및 고효율을 가지는 태양전지를 제작할 수 있었다.
- [0021] 실시예
- [0022] 상기와 같은 기본적인 백금전극의 열처리 후 진공 건조 및 1%이하의 상대습도 상태에서 전해질 주입에 의한 본 발명에 의한 태양전지와 다양한 형태의 태양전지의 시료를 제작하여 본 발명의 타당성을 실험하였다. 이하 자세히 설명토록 한다.
- [0023] 먼저, 백금전구체인  $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$  를 2-프로판올에 10mmol/L로 희석한 후, 드랍 캐스팅을 통해 에프티오(FTO) 유리판에 코팅한다.
- [0024] 대기중에서 용매를 휘발시킨 후, 대기중 400℃에서 20분간 열처리하여 유기성 불순물을 제거하였다. 시료1은 열처리 완료후, 상대습도 45%(온도 21℃) 항온 항습실에서 48시간 보관 한 후, 시료2는 열처리 완료 직후, 시료3은 45℃의 진공오븐에 12시간 진공건조한 후 이슬점이 -45℃(온도 24℃)의 글러브박스에서 전해질을 주입하였다. 이때 상대전극의 반대편인 작동전극은 MK-2 유기염료로 광감응된  $TiO_2$  다공성 전극으로 이루어져 있으며, 전해질은 코발트계의 산화환원쌍을 아세토니트릴 용매에 녹인 전해질을 사용하였다.
- [0025] 시료4는 상기 진공건조된 백금 상대전극을 적용한 염료감응 태양전지의 전해질을 상대습도60%(온도 26℃)의 일반실험실에서, 시료5는 이슬점이 -45℃(온도 24℃)의 드라이룸에서 시료6은 이슬점이 -45℃(온도 24℃)의 글러브박스에서 진공역류주입법을 사용하여 주입하였다.
- [0026] 이하 도시한 도면을 참조하여 실험에 의한 본 발명에 의한 태양전지의 효율향상이 이루어졌는지 여부를 알아보도록 한다.
- [0027] 도 3은 시료1 내지 시료3에 의한 태양전지 전류-전압특성을 나타낸 그래프이다. 본 발명에 의해 백금이 열처리 후, 진공건조되어 제조된 태양전지(시료3)와 기존의 태양전지 및 다양한 형태로 제작된 태양전지(시료1, 시료2)를 비교하여 실험하였다. 본 실험 및 이하의 실험에서는 전해질은 모두 코발트계 전해질과 MK-2 유기염료를 사용하였다.
- [0028] 도시된 바와 같이, 백금전극의 400℃ 열처리 후, 대기 중 수분에 노출된 정도에 따라 태양전지의 전류-전압 특성 곡선의 채움인자가 변화됨을 알 수 있다. 대기중에 오래 노출된 경우 전류밀도가 제로인 개방전압 근처에서 S-형태의 곡선을 보여준다. 이는 태양전지에서 전자전달에 대한 에너지 장벽이 존재할 때 나타나는 현상으로 백금표면에 흡착된 수분에 의해 유기용매 기반 코발트계 전해질과의 계면에 에너지 장벽이 형성되고 이는 주로 채움인자에 영향을 주고 결과적으로는 태양전지 효율이 감소됨을 알 수 있다.
- [0029] 도4는 시료1 내지 시료3에 의한 코발트계 기반 염료감응 태양전지의 특성값을 나타낸 표로써, 도시된 바와 같이, 백금 상대전극의 조건(수분오염 최소화)에 따라 각 특성값에서 차이가 나타나며, 본 발명에 따라 약 12시간 진공건조(45℃, 진공상태)를 한 경우(시료3), 백금 상대전극의 표면에 수분오염을 최대한 억제함으로써 특성값이 향상됨을 알 수 있다.
- [0030] 다음, 도 5는 시료1 내지 시료3에 따른 코발트계 전해질에 적용된 염료감응 태양전지의 임피던스 스펙트럼을 나타낸 도이다. 본 실시예는 100 mW/cm<sup>2</sup>의 광량의 태양광 하에서 개방전압을 인가한 상태에서 특정한 결과를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 소성 후 대기중 수분에 노출된 정도가 감소됨에 따라 상대전극의 계면저항에 해당하는 반원의 크기가 감소하고, 진공건조를 통하여 특성피크 주파수가 높은 쪽으로 이동하였음을 알 수 있다. 이는 진공건조를 통해 백금/전해질 계면에서 전자를 주고 받는 시간상수(특성피크 주파수의 역수)가 빨라졌다는 것을 의미하는 것으로 전기화학적 특성이 매우 향상되었음을 나타낸다.
- [0031] 도 6은 시료4 내지 시료6에 따른 염료감응 태양전지의 전류-전압 특성곡선을 나타낸 도이다. 물론 이 경우 진공건조된 백금전극을 사용하였고, 전해질의 주입조건을 달리한 경우를 나타낸다.
- [0032] 도시된 바와 같이, 습도가 높은 일반실험실에서 전해질이 주입된 경우(시료4), 전류-전압 곡선의 직각도를 나타

내는 채움인자는 증가하였으나, 단락전류밀도( $J_{sc}$ )와 개방전압( $V_{oc}$ )이 모두 감소하여 효율이 종합적으로는 감소하였음을 알 수 있다. 이에 반하여 드라이룸 및 글러브박스에서 상대습도 1%이하로 조절되어 전해질이 주입된 경우(시료5, 시료6), 태양전지의 효율의 저하가 일어나지 않음을 알 수 있다. 즉, 코발트계 전해질을 사용하여 단락전류밀도와 개방전압이 낮으면서 채움인자가 높은 경우는 전해질이 수분에 오염되었음을 의미하는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 전해질 수분오염을 최소화할수록 태양전지의 효율이 향상됨을 알 수 있다.

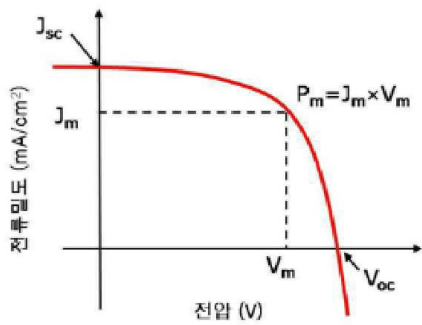
[0033] 도 7은 시료4 내지 시료6에 의한 코발트계 전해질에 적용된 염료감응 태양전지의 임피던스 스펙트럼을 나타낸 것이고, 도 8은 시료4 내지 시료6에 의한 코발트계 염료감응 태양전지의 특성값을 나타낸 표이다.

[0034] 도시된 바와 같이, 대기중 수분에 노출이 큰 일반실험실에서 전해질을 주입한 경우 (시료4) 임피던스 측정 결과 광전극 쪽의  $TiO_2$  다공성전극/염료/전해질 계면의 전자손실 저항에 해당하는 10 - 100Hz 영역의 반원 크기가 크게 감소하였다. 이는 광전극에서 전해질로의 전자손실 저항이 낮아 광전자의 손실이 크게 일어남을 의미하며, 이는 상기 태양전지 특성곡선의 단락전류밀도가 크게 감소한 결과와 부합함을 알 수 있다. 또한, 염료감응 태양전지의 개방전압은  $TiO_2$ 의 전도대와 전해질의 산화환원 에너지 준위 차이에 해당하는데, 코발트계 전해질의 수분노출의 증가로 개방전압이 감소하는 것으로 보아 수분오염이 전해질의 평형에너지 준위에 악영향을 주는 것으로 볼 수 있다.

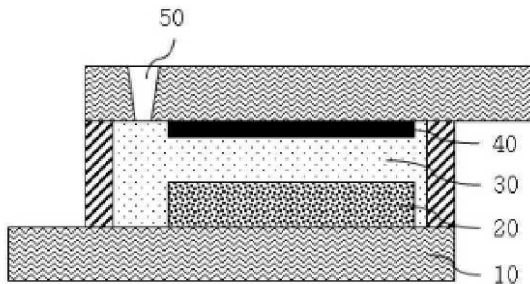
[0035] 그리고 염료감응 태양전지의 채움인자는 상대전극과 전해질의 계면특성에 주로 의존하는데, 이는 여러 종류의 상대전극 소재의 적용과 개질에 의해 향후 채움인자의 향상 가능성은 있다. 그러나 단락전류밀도와 개방전압이 낮은 경우는 효율을 추가로 향상시키기 위해  $TiO_2$  다공성전극/염료/전해질 계면을 최적화해야 하는 고난이도의 과정을 필요로 하기 때문에 단락전류밀도와 개방전압이 높은 공정을 적용하는 것이 향후 태양전지 효율 향상을 유리하게 할 수 있음을 알 수 있다.

도면

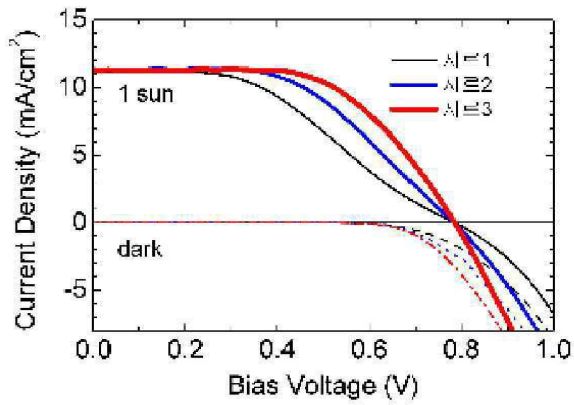
도면1



도면2



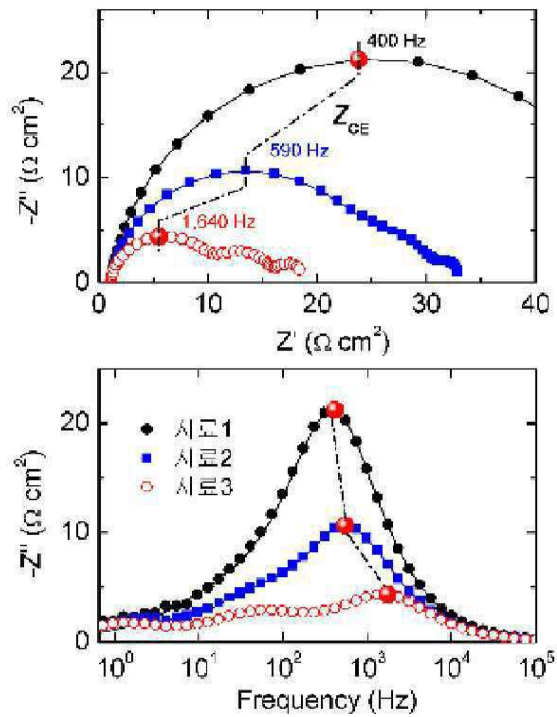
도면3



도면4

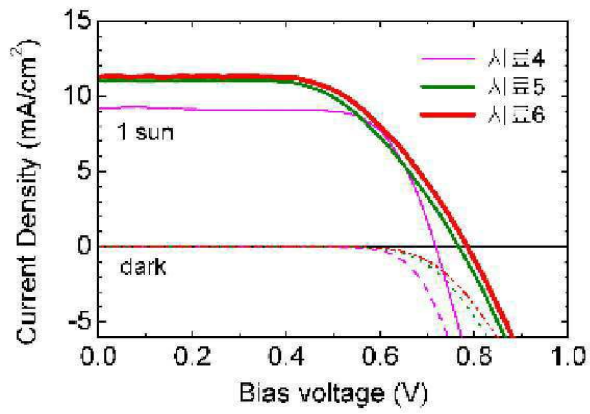
백금 상대전극	단락전류밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	개방전압 (V)	재용인자	효율 (%)
시료 1	11.2	0.785	0.427	3.74
시료 2	11.4	0.783	0.516	4.59
시료 3	11.3	0.785	0.591	5.24

도면5

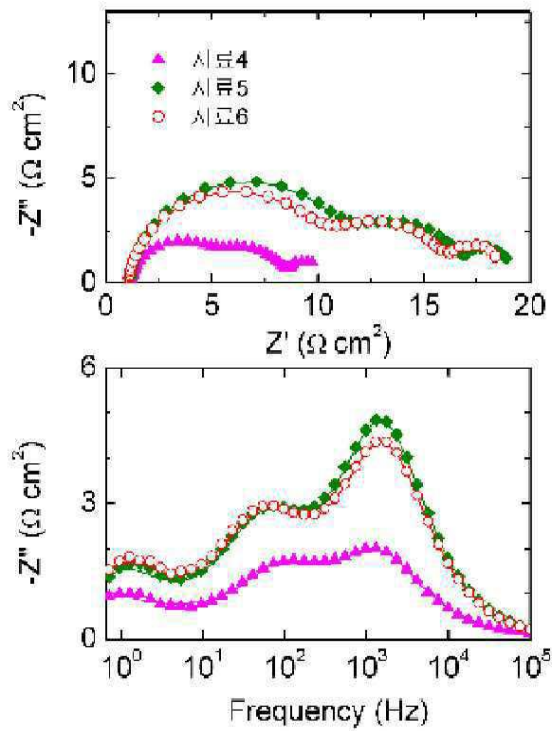




도면6



도면7



도면8

전해질 주입조건	단락전류밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	개방전압 (V)	채움인자	효율 (%)
시료 4	9.2	0.717	0.727	4.79
시료 5	11.0	0.767	0.588	4.97
시료 6	11.3	0.785	0.591	5.24