



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

(45) 공고일자 2014년07월16일  
(11) 등록번호 10-1417996  
(24) 등록일자 2014년07월03일

<p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 31/042 (2014.01) H01L 31/0224 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2012-0111522</p> <p>(22) 출원일자 2012년10월08일 심사청구일자 2012년10월08일</p> <p>(65) 공개번호 10-2014-0048364</p> <p>(43) 공개일자 2014년04월24일</p> <p>(56) 선행기술조사문헌 KR100783766 B1* KR1019990079157 A* KR101068940 B1 KR101016099 B1 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌</p>	<p>(73) 특허권자 한국전기연구원 경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)</p> <p>(72) 발명자 한중탁 경남 창원시 성산구 원이대로 774, 311동 2101호 (상남동, 성원아파트)</p> <p>서선희 경남 창원시 성산구 원이대로 495, 214동 801호 (반림동, 트리비아아파트) (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인 특허법인부경</p>
---	---

전체 청구항 수 : 총 5 항

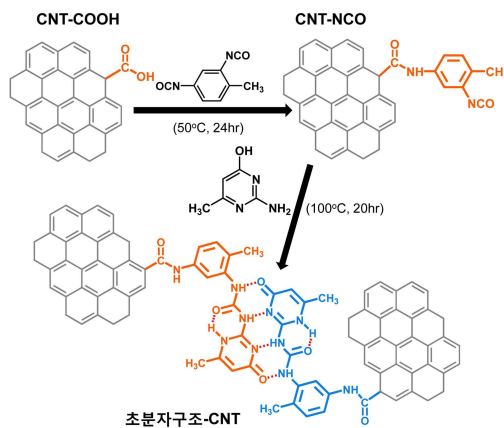
심사관 : 윤난영

(54) 발명의 명칭 **다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지**

**(57) 요약**

본 발명은 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지에 관한 것으로, 상부 투명기관과, 상기 상부 투명기관의 내측 표면에 형성된 도전성 투명전극과, 도전성 투명전극 위에 형성되고 표면에는 염료가 흡착된 산화물반도체 다공질 광전극과, 하부 기관상에 형성되고 상기 광전극에 대응하는 음극부로서의 상대전극과, 상기 광전극과 상대전극 사이에 충전된 전해질을 구비하는 염료감응 태양전지에 있어서, 상기 상대전극은, 탄소나노소재로 형성되되, 상기 탄소나노소재는 표면 또는 말단에 다중수소결합이 가능한 관능기를 도입함에 의해 탄소나노소재 간에 다중수소결합이 이루어지는 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지를 기술적 요지로 한다. 이에 따라, 분산제 등의 사용 없이 전도성 탄소나노소재에 3개 이상의 다중수소결합을 이룰 수 있는 관능기를 도입하여 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재 페이스트를 형성하고, 이를 태양전지의 상대전극으로 이용함에 의해 상대전극의 전도성 등이 양호하여 염료감응 태양전지의 성능이 향상되는 이점이 있다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**이건웅**

경남 창원시 성산구 원이대로 774, 305동 702호 (상남동, 성원아파트)

**정승열**

경상남도 창원시 가음정동 전기연구원아파트 가-306

**정희진**

경상남도 창원시 성산구 중앙동 101-3번지 대흥인터빌 1514

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

상부 투명기관과, 상기 상부 투명기관의 내측 표면에 형성된 도전성 투명전극과, 도전성 투명전극 위에 형성되고 표면에는 염료가 흡착된 산화물반도체 다공질 광전극과, 하부 기관상에 형성되고 상기 광전극에 대응하는 음극부로서의 상대전극과, 상기 광전극과 상대전극 사이에 충전된 전해질을 구비하는 염료감응 태양전지에 있어서,

상기 상대전극은, 탄소나노소재로 형성되며 카르복실기(-COOH)가 도입된 탄소나노소재의 표면 또는 말단에 다중수소결합이 가능한 관능기를 도입함에 의해 탄소나노소재 상호간에 다중수소결합이 이루어진 페이스트로 형성되고,

상기 다중수소결합이 가능한 관능기는 2-우레이도-4[H]피리미디논(2-ureido-4[1H]pyrimidinone) 유도체, 2-우레이도-4[H]피리미디놀(4-ureido-4[1H]pyrimidinol) 유도체, 2-우레이도-4-피리미돈(2-uriedo-4-pyrimidone) 유도체, 디아실피리미딘(diacylpyrimidine) 유도체, 우레이도아실피리미딘(ureidoacylpyrimidine) 유도체, 아세틸아미노트리아진(acetylaminotriazine) 유도체, 우레이도트리아진(ureidotriazine) 유도체, 2,6-디(아세틸아미노)-4-피리딜(2,6-di(acetylamino)-4-pyridyl) 유도체, 티민(thymine) 유도체, 2-아미노벤즈이미다졸(2-aminobenzimidazole) 유도체, 2,7-디아미노-1,8-나프티리딘(2,7-diamino-1,8-naphthyridine) 유도체, 디(헥사노일아미노)피리미딘(di(hexanoylamino)pyrimidine) 유도체, 2-부틸우레이도-4-아세틸아미노피리딘(2-butylureido-4-acetylaminopyridine) 유도체 중 하나 이상을 포함하는 것임을 특징으로 하는 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 탄소나노소재는 탄소나노튜브, 탄소섬유, 그래핀, 카본블랙, 흑연 중 하나 이상이 됨을 특징으로 하는 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 탄소나노소재는 금, 백금, 니켈, 구리, 철 중 하나 이상의 금속재료와 복합화되어 상대전극으로 형성됨을 특징으로 하는 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 탄소나노소재는 페이스트 형태로 형성됨을 특징으로 하는 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지.

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

제1항 내지 제4항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 하부 기관은, 하부 투명기관과, 상기 하부 투명기관의 내측 표면에 형성된 도전성 투명전극으로 형성됨을 특징으로 하는 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지.

**명세서**

**기술분야**

본 발명은 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 상대전극으로 전기전도도가 뛰어난 탄소나노소재를 사용하되, 전도성 탄소나노

[0001]

소재에 3개 이상의 다중수소결합을 이룰 수 있는 관능기를 도입하여 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재 페이스트를 형성시켜 이를 염료감응 태양전지의 상대전극으로 이용하는 염료감응 태양전지에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 일반적으로 염료감응 태양전지는 염료분자의 태양광 흡수 능력을 이용하여 화학적으로 발전을 일으키는 태양전지의 일종으로, 유리 기판 위에 광전극, 전해질, 상대전극, 투명 전도성 전극 등을 구비하고 있다. 광전극(photoanode)은 나노 다공질막의 형태로 존재하는  $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $SnO_2$ 와 같은 넓은 밴드갭을 가진 n형 산화물 반도체로 구성되어 있고, 이 표면에 단분자 층의 염료가 흡착되어 있다.
- [0003] 태양광이 태양전지에 입사되면, 염료 속의 최고 점유 분자 궤도(highest occupied molecular orbit) 부근의 전자가 태양에너지를 흡수하여 전자가 채워지지 않은 상위 준위(lowest unoccupied molecular orbit)로 여기된다. 이때 전자가 빠져나간 하위 준위의 빈 자리는 전해질 속의 산화/환원매개체(redox mediator, redox shuttle, redox couple)가 전자를 제공함으로써 다시 채워진다. 염료에 전자를 제공하고 산화된 상기 이온은 음극인 상대전극(cathode)으로 이동하여 전자를 제공받게 된다.
- [0004] 이때 상대전극은 환원반응을 통해 전해질 내의 산화된 이온에 전자를 제공하는 역할을 한다.
- [0005] 이러한 상대전극의 작용을 만족시키기 위하여 종래의 염료감응 태양전지에서의 상대전극으로 촉매작용이 우수한 백금나노입자를 주로 사용하고 있으며, 전도성고분자(poly(3,4-propylenedioxythiophene), PProDOT)나 카본블랙과 같은 탄소계 전극을 사용하기도 한다.
- [0006] 그런데 백금 전극은 높은 전기전도도와 우수한 촉매특성을 지니고 있으나 가격이 고가이고, 촉매 작용이 일어나는 유효 비표면적을 높이는 데 한계가 있어 촉매 반응을 향상시키는 데 한계가 있다. 탄소계 전극의 경우는 가격이 저가이고, 표면적을 백금보다 높이는 것은 가능하나 백금보다 촉매반응 속도가 느리기 때문에 태양전지의 효율을 떨어뜨리는 단점이 있다. 이에 따라 모듈이 대면적화하면서 가격이 저렴하면서도, 표면적과 전기전도도가 높은 새로운 상대전극이 필요하다.
- [0007] 또한 기존의 백금 전극의 경우, 기판으로 세라믹과 같은 절연체 기판을 사용하면, 전지가 요구하는 전기전도도를 만족하기 위하여 두꺼운 막으로 제작하여야 하고, 이 경우 고 비용이 들기 때문에 현실적으로 기판을 절연성 물질로 사용하는 것이 불가능하다.
- [0008] 또한 태양전지의 모듈을 대면적으로 제작 시, 기존의 백금전극의 경우, 대형 스퍼터링 장치와 같은 고가 장비를 사용하거나 고가의 백금 화합물을 사용하여 스크린 프린팅 방법으로 제작하여야 하므로, 제작 경비의 부담이 커서 경제성이 낮아지게 된다.
- [0009] 이러한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 상대전극으로써 상기 탄소계 물질, 특히 탄소나노튜브, 그래핀 등의 탄소나노소재의 사용에 대한 연구가 대두 되고 있다.
- [0010] 탄소나노튜브는 전기저항이  $10^{-4} \Omega cm$ 로 금속에 버금가는 전기전도도를 가지고 있으며, 표면적이 벌크재료에 비해 1000배 이상 높은 재료로써, 최근 그 제조 및 응용, 적용분야에 있어서 활발히 연구되고 있다. 특히 탄소나노튜브는 형상 및 크기에 따라 금속과 같은 전기적 도체의 성질에서부터 전기가 잘 통하지 않는 반도체의 성질을 가지고 있어 각종 전자회로 분야뿐만 아니라, 화학적, 기계적으로도 매우 안정하므로 초강력 섬유나, 표면재료 분야 등 그 활용분야가 매우 다양할 것으로 기대되고 있다. 또 다른 탄소나노소재인 그래핀은 양자홀 효과, 상온에서 높은 캐리어 이동도 ( $\sim 10,000 \text{ cm}^2/Vs$ ),<sup>1</sup> 큰 비표면적 ( $2630 \text{ cm}^2/g$ ),<sup>2</sup> 우수한 광투과도 ( $\sim 97.7 \%$ ),<sup>3</sup> 높은 기계적 물성 ( $\sim 1 \text{ TPa}$ )<sup>4</sup> 그리고 우수한 열전도도 ( $3000\text{-}5000 \text{ W/mK}$ )<sup>5</sup> 등의 매우 우수한 특성을 지니고 있다. 이러한 탄소나노튜브, 그래핀, 탄소섬유, 플러렌 등의 나노카본소재는 뛰어난 전기전도도 특성과 넓은 비표면적의 특성에 의해 전기화학적 특성이 발현되므로 염료감응 태양전지뿐만 아니라, 초고용량 커패시터 (supercapacitor), 연료전지 (fuel cell) 등의 다양한 전기화학 전극으로 활용이 기대된다.
- [0011] 따라서, 탄소나노튜브와 그래핀은 뛰어난 전기전도도 특성과, 넓은 표면적의 특성에 의해 상대전극의 전해질과의 계면에서의 산화환원 반응을 향상시키는바, 염료감응 태양전지의 상대전극으로 사용하기에는 최적의 조건을 가지고 있다.
- [0012] 종래기술로써, 대한민국특허청 공개특허공보 공개번호 10-2006-0033158호 "탄소나노튜브 전극을 이용한 염료감

응형 태양전지"가 소개되어 있으며, 다른 종래기술로는 대한민국특허청 등록특허공보 등록번호 10-0783766호 "탄소나노튜브 전극 및 그 제조방법 그리고 이에 의한 염료감응형 태양전지"가 소개되어 있다.

[0013] 상기 종래기술들은 염료감응 태양전지의 상대전극으로 탄소나노튜브 전극을 사용하여 전기전도도 등을 증가시켜 염료감응 태양전지의 효율을 증가시키고자 하는 것이다.

[0014] 그러나 상기 종래기술들은 탄소나노튜브외에 따로 충전제가 첨가되고 탄소나노튜브의 분산성을 향상시키기 위해 분산제 등이 통상적으로 첨가되어 염료감응 태양전지의 상대전극이 형성되는바, 이는 오히려 상대전극의 전도성을 감소시키는 요인으로 작용하게 되는 등의 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0015] 따라서 본 발명은 상기한 종래기술들의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 상대전극의 전기전도도가 뛰어난 탄소나노소재를 사용하되, 분산제 등의 사용 없이 전도성 탄소나노소재에 3개 이상의 다중수소결합을 이룰 수 있는 관능기를 도입하여 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재 페이스트를 형성시키고, 이를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지를 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0016] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 상부 투명기판과, 상기 상부 투명기판의 내측 표면에 형성된 도전성 투명전극과, 도전성 투명전극 위에 형성되고 표면에는 염료가 흡착된 산화물반도체 다공질 광전극과, 하부 기판 상에 형성되고 상기 광전극에 대응하는 음극부로서의 상대전극과, 상기 광전극과 상대전극 사이에 충전된 전해질을 구비하는 염료감응 태양전지에 있어서, 상기 상대전극은, 탄소나노소재로 형성되되, 상기 탄소나노소재는 표면 또는 말단에 다중수소결합이 가능한 관능기를 도입함에 의해 탄소나노소재 간에 다중수소결합이 이루어지는 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지를 기술적 요지로 한다.

[0017] 상기 탄소나노소재는 탄소나노튜브, 탄소섬유, 그래핀, 카본블랙, 흑연 중 하나 이상이 되는 것이 바람직하다.

[0018] 상기 탄소나노소재는 금, 백금, 니켈, 구리, 철 중 하나 이상의 금속재료와 복합화되어 상대전극으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0019] 상기 탄소나노소재는 페이스트 형태로 형성되는 것이 바람직하다.

[0020] 상기 다중수소결합이 가능한 관능기는 2-우레이도-4[H]피리미디논(2-ureido-4[1H]pyrimidinone) 유도체, 2-우레이도-4[H]피리미디놀(4-ureido-4[1H]pyrimidinol) 유도체, 2-우레이도-4-피리미돈(2-uriedo-4-pyrimidone) 유도체, 디아실피리미딘(diacylpyrimidine) 유도체, 우레이도아실피리미딘(ureidoacylpyrimidine) 유도체, 아세틸아미노트리아진(acetylaminotriazine) 유도체, 우레이도트리아진(ureidotriazine) 유도체, 2,6-디(아세틸아미노)-4-피리딜(2,6-di(acetylamino)-4-pyridyl) 유도체, 티민(thymine) 유도체, 2-아미노벤즈이미다졸(2-aminobenzimidazole) 유도체, 2,7-디아미노-1,8-나프티리딘(2,7-diamino-1,8-naphthyridine) 유도체, 디(헥사노일아미노)피리미딘(di(hexanoylamino)pyrimidine) 유도체, 2-부틸우레이도-4-아세틸아미노피리딘(2-butylureido-4-acetylaminopyridine) 유도체 중 하나 이상에 의한 것이 바람직하다.

[0021] 상기 하부 기판은, 하부 투명기판과, 상기 하부 투명기판의 내측 표면에 형성된 도전성 투명전극으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0022] 이에 따라, 분산제 등의 사용 없이 전도성 탄소나노소재에 3개 이상의 다중수소결합을 이룰 수 있는 관능기를 도입하여 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재 페이스트를 형성하고, 이를 태양전지의 상대전극으로 이용함에 의해 상대전극의 전도성 등이 양호하여 염료감응 태양전지의 성능이 향상되는 이점이 있다.

**발명의 효과**

[0023] 상기의 구성에 의한 본 발명은, 분산제 등의 사용 없이 전도성 탄소나노소재에 3개 이상의 다중수소결합을 이룰 수 있는 관능기를 도입하여 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재 페이스트를 형성하고, 이를 인쇄장비를 이용하여 기체에 인쇄하고, 이를 태양전지의 상대전극으로 이용함에 의해 상대전극의 전도성 등이

양호하여 염료감응 태양전지의 성능을 향상시키는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노소재에 도입된 다중수소결합을 나타낸 모식도이고, 도 2는 본 발명에 실시예에 따른 초분자구조 탄소나노튜브를 이용하여 형성된 페이스트의 사진을 나타낸 도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 초분자구조 탄소나노튜브 상대전극을 이용한 염료감응 태양전지의 특성을 나타낸 도로서, (a) 탄소나노튜브 상대전극 표면의 주사현미경 이미지이고, (b) 탄소나노튜브 상대전극 과단면의 주사현미경 이미지이고, (c) 광전류-전압(J-V)특성을 나타낸 도이고, (d) 상대전극과 전해질 사이의 전하이동 저항특성을 나타낸 도이고, 도 4는 본 발명의 초분자구조 탄소나노튜브/금속 하이브리드 상대전극을 이용한 염료감응 태양전지의 특성을 나타낸 것으로, 광전류-전압(J-V)특성을 나타낸 도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0025] 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조로 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 탄소나노소재에 도입된 다중수소결합을 나타낸 모식도이고, 도 2는 본 발명에 실시예에 따른 초분자구조 탄소나노튜브를 이용하여 형성된 페이스트의 사진을 나타낸 도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 초분자구조 탄소나노튜브 상대전극을 이용한 염료감응 태양전지의 특성을 나타낸 도로서, (a) 탄소나노튜브 상대전극 표면의 주사현미경 이미지이고, (b) 탄소나노튜브 상대전극 과단면의 주사현미경 이미지이고, (c) 광전류-전압(J-V)특성을 나타낸 도이고, (d) 상대전극과 전해질 사이의 전하이동 저항특성을 나타낸 도이고, 도 4는 본 발명의 초분자구조 탄소나노튜브/금속 하이브리드 상대전극을 이용한 염료감응 태양전지의 특성을 나타낸 것으로, 광전류-전압(J-V)특성을 나타낸 도이다.
- [0027] 도시된 바와 같이, 다중수소결합에 의해 고차구조를 지니는 탄소나노소재를 상대전극으로 이용한 염료감응 태양전지는, 상부 투명기판과, 상기 상부 투명기판의 내측 표면에 형성된 도전성 투명전극과, 도전성 투명전극 위에 형성되고 표면에는 염료가 흡착된 산화물반도체 다공질 광전극과, 하부 기판상에 형성되고 상기 광전극에 대응하는 음극부로서의 상대전극과, 상기 광전극과 상대전극 사이에 충전된 전해질을 구비하는 염료감응 태양전지에 있어서, 상기 상대전극은, 탄소나노소재로 형성되며, 상기 탄소나노소재는 표면 또는 말단에 다중수소결합이 가능한 관능기를 도입함에 의해 탄소나노소재 간에 다중수소결합이 이루어진 탄소나노소재를 이용하여 형성되는바, 이하 이에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0028] 여기서, 다중수소결합은 수소결합주개(D)와 수소결합받개(A), 이온성 수소결합주개(D+)로 구성되어 있으며, D, D+와 A의 배열이 삼중수소결합의 경우 ADA-DAD, ADD-DAA, AAA-DDD, 양이온성 AAA-DDD+ 쌍으로 되어 있는 구조 중에 하나이며, 사중수소결합은 ADAD-DADA, AADD-DDAA, ADDA-DAAD, AAAD-DDDA, ADAA-DADD, AAAA-DDDD, 양이온성 AAAA-DDD+ 쌍으로 되어 있는 구조 중에 하나 이상의 관능기를 도입하는 것이 바람직하다.
- [0029] 상기 수소결합이 가능한 관능기는 2-우레이도-4[H]피리미디논(2-ureido-4[1H]pyrimidinone) 유도체, 2-우레이도-4[H]피리미디놀(4-ureido-4[1H]pyrimidinol) 유도체, 2-우레이도-4-피리미돈(2-uriedo-4-pyrimidone) 유도체, 디아실피리미딘(diacylpyrimidine) 유도체, 우레이도아실피리미딘(ureidoacylpyrimidine) 유도체, 아세틸아미노트리아진(acetylamino-triazine) 유도체, 우레이도트리아진(ureidotriazine) 유도체, 2,6-디(아세틸아미노)-4-피리딜 (2,6-di(acetylamino)-4-pyridyl) 유도체, 티민(thymine) 유도체, 2-아미노벤즈이미다졸(2-aminobenzimidazole) 유도체, 2,7-디아미노-1,8-나프티리딘(2,7-diamino-1,8-naphthyridine) 유도체, 디(헥사노일아미노)피리미딘(di(hexanoylamino)pyrimidine) 유도체, 2-부틸우레이도-4-아세틸아미노피리딘(2-butylureido-4-acetylamino-pyridine) 유도체 중 하나 이상에 의한 것에 의해 이루어질 수 있다.

[0030] < 제1실시예 >

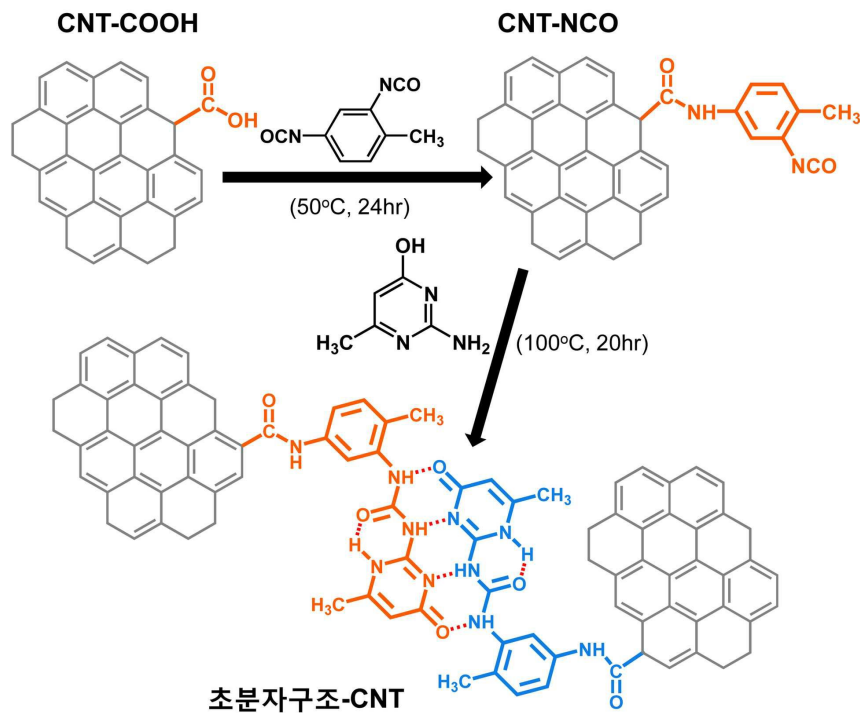
[0031] 본 발명의 제1실시예로써, 탄소나노튜브에 4중 수소결합(quadruple hydrogen bonding)을 할 수 있는 관능기를 도입하여 전도성 페이스트를 제조하고, 이를 염료감응 태양전지의 상대전극으로 사용하는 방법에 관한 것이다.

- [0032] 4중 수소결합 관능기의 구조는 도 1에 도식화되어 나타낸다.
- [0033] 먼저 카르복실기(-COOH)가 도입된 탄소나노튜브를 디메틸포름아미드(dimethylformamide)용매에 100mg/L로 분산시킨 후, 톨루엔 디이소시아네이트 (toluene diisocyanate)와 아미노-4-히드록시-6-메틸 피리미딘(amino-4-hydroxy-6-methyl-pyrimidine)을 순차적으로 혼합하고, 100℃에서 20시간 동안 교반하여 접합 반응을 진행하는 방식으로 다중(4중)수소결합을 지니는 2-우레이도-4[H]피리미디논(2-ureido-4[H]pyrimidinone)을 도입하였다.
- [0034] 여기서, 상기 카르복실기(-COOH)가 도입된 탄소나노튜브는 아래와 같은 방법으로 제조하는바, 먼저, 10g 다중벽 탄소나노튜브를 200ml 황산:질산 혼합액(7:3 부피비)에 혼합하여 80℃로 가열하여 24시간 동안 교반 한 후 상온으로 냉각시킨다. 그런 다음 800ml 증류수로 희석시킨다. 희석된 용액을 여과종이를 이용하여 탄소나노튜브에 남아 있는 산 용액을 4회 이상의 여과를 통하여 제거한 후, 건조시키면 카르복실기(-COOH)가 도입된 다중벽 탄소나노튜브가 제조된다.
- [0035] 상기에서 제조된 다중수소결합이 존재하는 초분자구조 탄소나노튜브를 이용하고 디메틸포름아미드(dimethylformamide)용매를 이용하여 기타 첨가제 필요없이 간단한 교반에 의해 페이스트를 제조한바, 도2에서와 같이 고형분 5wt% 이상인 탄소나노튜브 페이스트를 분산제 등을 첨가하지 않고 간단한 교반에 의해 손쉽게 형성할 수 있음을 확인하였다.
- [0036] 상기에서 제조된 탄소나노튜브 페이스트를 스크린인쇄기를 이용해 하부 투명기관 내측 표면에 형성된 도전성 투명전극인 FTO(불소가 도핑된 산화주석, SnO<sub>2</sub>:F) 전극에 상대전극을 형성시킨다.
- [0037] 그리고 상부에는 상부 투명기관의 내측 표면에 도전성 투명전극인 FTO 전극을 형성시키고, FTO 전극에 염료가 흡착된 산화물 반도체 다공질 광전극인 TiO<sub>2</sub> 전극을 형성시킨다.
- [0038] 여기서 염료는 N719 dye, (Ru(II)LL'(NCS)<sub>2</sub> (L=2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylate, L'=2,2'-bipyridyl-4,4'-ditetrabutylammonium carboxylate) 를 사용하였다.
- [0039] 그리고, 상기 광전극과 상대전극 사이에 충전된 전해질은 0.8 M 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 요오드(1-butyl-3-methylimidazolium iodide), 0.2 M 1,3-디메틸이미다졸륨 요오드(1,3-dimethylimidazolium iodide), 0.05 M 리튬요오드(LiI), 0.07 M 요오드 용액(iodine), 0.1 M 구아니딘 티오시아네이트(guanidine thiocyanate), 그리고 0.5 M 4-테트라-부틸피리딘/아세토니트릴 용액(4-tert-butylpyridine in acetonitrile) 혼합물을 사용하였다.
- [0040] 상기와 같이 상대전극을 다중수소결합이 존재하는 초분자구조 탄소나노튜브 페이스트를 이용하여 염료감응 태양전지를 형성시켰다.
- [0041] 그리고 비교군으로는 상대전극으로 일반적인 백금을 백금 페이스트를 이용해 FTO 글래스 층위에 형성시키고 400℃에서 열처리하였다.
- [0042] 제조된 샌드위치구조로 접합한 음극과 양극 기관 사이에 전해질을 주입하고 염료감응 태양전지의 특성을 평가하였으며 상대전극을 백금으로 형성시킨 내용만 제외하고 나머지는 상술한 실시예와 동일하게 하여 염료감응 태양전지를 형성시켰다.
- [0043] 도 3(a),(b)에서 다중수소결합에 의해 초분자구조를 이루는 탄소나노튜브는 다중수소결합에 의해 탄소나노튜브가 서로 연결되어 견고한 막을 형성함을 확인할 수 있으며, 도3(c)에서 초분자구조 탄소나노튜브를 사용해 제작된 염료감응 태양전지의 광전특성을 나타내며, 태양빛의 세기를 달리하여도 비교군인 백금과 거의 유사한 광전효율을 나타냄을 확인할 수 있다. 또한, 도3(d)에서와 같이 전해질과의 계면저항에서도 백금과 유사한 특성을 보임을 확인하였다.
- [0044] < 제2실시예 >
- [0045] 본 발명의 제2실시예로써, 탄소나노튜브에 4중 수소결합을 할 수 있는 관능기를 도입하여 전도성 페이스트를 제조하고, 이에 금, 백금, 은, 니켈 등의 금속나노입자, 금속나노로드 등을 도입하여 이를 염료감응 태양전지의 상대전극으로 사용하는 방법에 관한 것이다.

- [0046] 즉, 본 발명의 제2실시예는 탄소나노튜브 페이스트에 금 나노입자를 첨가하여 형성시켜 이를 염료감응 태양전지의 상대전극으로 형성시키는 것만 제외하면 나머지 구성요소는 상기 제1실시예와 전적으로 동일하다.
- [0047] 제2실시예에서 사용되는 초분자구조 탄소나노튜브 페이스트 제조방법은 제1실시예와 동일하며, 금 나노입자를 탄소나노튜브에 도입하기 위해 클로로금산 (HAuCl<sub>4</sub>)을 0.2M 농도로 페이스트에 투입하고 NaBH<sub>4</sub>를 환원제로 사용하여 50℃에서 24시간 에이징하였다.
- [0048] 제조된 탄소나노튜브/금속 하이브리드 페이스트를 스크린인쇄기를 이용해 FTO 전극에 상대전극을 형성시켰다.
- [0049] 제조된 샌드위치구조로 접합한 음극과 양극 기관 사이에 전해질을 주입하고 염료감응 태양전지의 특성을 평가하였다.
- [0050] 도4는 초분자구조 탄소나노튜브를 사용해 제작된 염료감응 태양전지의 광전특성을 나타낸다. 도4에서 탄소나노튜브만 사용하는 경우와 거의 유사한 광전 효율을 나타냄을 확인할 수 있다.

**도면**

**도면1**

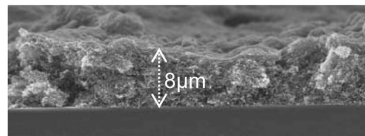
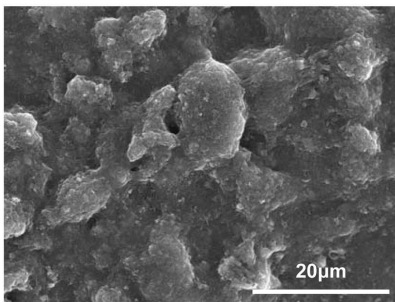




도면2

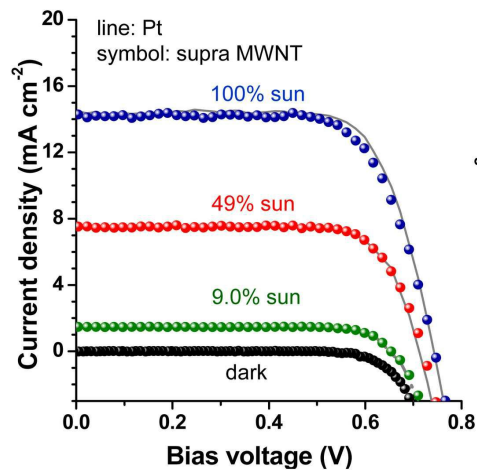


도면3

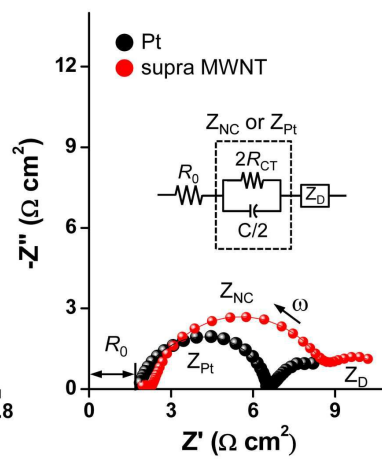


(a)

(b)



(c)



(d)

도면4

