



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0098998
(43) 공개일자 2010년09월10일

(51) Int. Cl.

H01L 31/0256 (2006.01) H01L 27/28 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0017749

(22) 출원일자 2009년03월02일

심사청구일자 2009년03월02일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

주진수

서울시 중랑구 묵동 신내두산아파트 525동 402호

박동혁

서울시 성북구 안암동2가 138번지

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 13 항

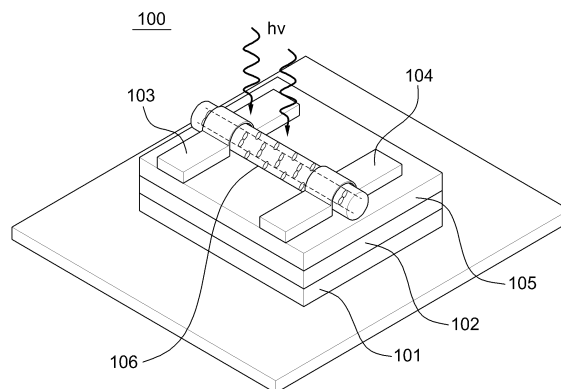
(54) 광전자 소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

광전자 소자 및 상기 광전자 소자의 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된 하이브리드 나노 구조체를 이용하여 제1 전극에서 제2 전극으로 전달되는 에너지에 의해 발광하는 광전자 소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

본 발명은 기판; 상기 기판의 상부에 증착되는 게이트 전극; 상기 게이트 전극 표면에 형성된 절연층; 상기 절연층의 표면 일측에 형성된 제1 전극; 상기 절연층의 표면 다른 일측에 형성된 제2 전극; 및 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극과 연결되고, 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된 하이브리드 나노 구조체를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 소자를 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김미숙

경상남도 양산시 중부동 421-7

조은혜

경기도 부천시 원미구 역곡2동 동부센트레빌 105동
1106호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R0A20070002005302008

부처명 한국과학재단

연구관리전문기관

연구사업명 국가지정연구실사업(NRL)

연구과제명 하이브리드 나노구조체 물성 연구(2차년도)

기여율

주관기관 고려대학교

연구기간 2008.07.01 ~ 2009.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

기관;

상기 기관의 상부에 증착되는 게이트 전극;

상기 게이트 전극 표면에 형성된 절연층;

상기 절연층의 표면 일측에 형성된 제1 전극;

상기 절연층의 표면 다른 일측에 형성된 제2 전극; 및

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극과 연결되고, 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된 하이브리드 나노 구조체

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 하이브리드 나노 구조체는,

다공성 템플레이트에서 성장된 상기 유기 발광 고분자 나노 물질에 상기 무기 금속 나노 입자를 흡착하여 형성된 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 다공성 템플레이트는

알루미늄 판 또는 알루미늄 막을 양극산화 처리(Anodization)하여 형성된 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트(PAO, Porous Anodic Oxide)인 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유기 발광 고분자 나노 물질은 단량체, 도펀트, 및 유기 용매를 포함하는 용액으로부터 전기화학적 합성(electrochemical polymerization) 또는 화학적 합성(chemical polymerization)으로 생성되는 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 단량체는 티오펜(thiophene), 3-메틸티오펜(3-methylthiophene), 3-부틸티오펜(3-butylthiophene), 3-헥실티오펜(3-hexylthiophene), 3-옥틸티오펜(3-octylthiophene), 및 3-도데실티오펜(3-dodecylthiophene) 중에서 적어도 어느 하나 이상을 혼합한 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 도펀트는,

캄포설펜산, 벤젠설펜산, p-도데실벤젠설펜산, HCl 및 p-톨루엔설펜산, 폴리(4-스티렌설펜네이트), 나프탈렌설펜산, 테트라부틸암모늄, 헥사플루오로포스페이트, 테트라부틸암모늄 테트라플루오로보레이트, 및 1-부틸-3-메틸이미다졸리움헥사플루오로포스페이트, 및 1-부틸-3-메틸이미다졸리움 테트라플루오로보레이트 중에서 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 무기 금속 나노 입자는 상기 유기 발광 고분자 나노 물질의 밴드갭에 상응하는 크기의 표면 플라즈몬 에너지 준위를 갖는 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 무기 금속 나노 입자는 구리(Cu), 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 아연(Zn), 티탄(Ti), 크롬(Cr), 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 및 알루미늄(Al) 중에서 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 무기 금속 나노 입자는 2~5nm의 직경을 갖고, 무기 금속 나노 입자들은 1~5nm 사이의 간격으로 상기 유기 발광 고분자 나노 물질에 흡착되는 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 10

기판;

상기 기판의 표면 일측에 형성된 제1 전극;

상기 기판의 표면 다른 일측에 형성된 제2 전극 - 상기 제2전극은 상기 제1전극과 일함수가 상이함 -; 및

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극과 연결되고, 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된 하이브리드 나노 구조체

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 소자.

청구항 11

기판을 형성하는 단계;

상기 기판의 상부에 게이트 전극을 형성하는 단계;

상기 게이트 전극의 상부 표면에 절연층을 형성하는 단계;

상기 절연층의 표면 일측에 제1 전극을 형성하는 단계;

상기 절연층의 다른 일측에 형성된 제2 전극을 형성하는 단계; 및

유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자를 흡착하여 하이브리드 나노 구조체를 제조하는 단계; 및

상기 제조된 하이브리드 나노 구조체를 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극을 연결하도록 장착하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 소자의 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 하이브리드 나노 구조체를 제조하는 상기 단계는,

상기 유기 발광 고분자 나노 물질을 제작하는 단계;

상기 무기 금속 나노 입자를 제작하는 단계; 및

상기 제작된 무기 금속 나노 입자를 상기 제작된 유기 발광 고분자 나노 물질에 흡착하여 상기 하이브리드 나노 구조체를 형성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 소자의 제조 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 유기 발광 고분자 나노 물질은 소수성(hydrophobicity)이고,

상기 하이브리드 나노 구조체를 형성하는 상기 단계는,

상기 무기 금속 나노 입자에 작용기를 치환하여 친수성(hydrophilicity)의 상기 무기 금속 나노 입자를 소수성(hydrophobicity)으로 가공하여, 소수성의 상기 무기 금속 나노 입자를 상기 유기 발광 고분자 나노 물질에 흡착하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 소자의 제조 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광전자 소자 및 상기 광전자 소자의 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된 하이브리드 나노 구조체를 포함하는 광전자 소자 및 상기 광전자 소자의 제조 방법에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 한국과학재단의 국가지정연구실사업(NRL)의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다[과제관리번호: R0707842, 과제고유번호: R0A20070002005302008, 과제명: 하이브리드 나노구조체 물성 연구(2차년도)].

배 경 기 술

[0003] 유기 나노 융합 구조체 연구의 기반이 되는 유기 반도체 물질은 1977년 전도성 고분자가 발견된 이후에 그 기술적 응용연구가 급 진전하였다. 그 중에서도 유기 반도체 단분자 및 고분자를 이용한 유기발광다이오드(OLED)와 유기 박막트랜지스터(OTFT)의 기술적 응용연구가 급 진전하였다.

[0004] 특히, R. H. Friend에 의해서 대표적인 발광 고분자인 Poly(p-phenylenevinylene; PPV)를 이용한 유기발광 소자가 보고되면서, 발광 효율의 증가를 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이러한 유기발광 소자의 기반이 되는 유기 반도체는 21세기 광전자/정보통신 소자를 위한 차세대 물질로써 전 세계적으로 학문적, 상업적 응용연구가 활발히 진행되고 있다.

[0005] 유기 반도체는 기존 무기반도체의 성질을 그대로 유지하면서도 경량성, 공정성, 유연성 등의 장점을 더 갖고 있다.

[0006] 무엇보다, 무기 반도체 및 금속과 복합 구조를 이루는 새로운 물질이 제작됨에 따라서, 유기 고분자가 기존의 유기 물질이 가지고 있는 특성보다 전기적, 기계적, 광학적으로 우수한 특성을 보이고 있어 다양한 분야로의 응용 가능성에 대한 연구가 보고되고 있다.

[0007] 하지만, 유기 반도체의 다양한 응용 가능성 및 장점 들에도 불구하고, 현재까지 상업적 응용소자는 필름, 용액, 분말 등과 같은 벌크형 재료에 국한하여 사용하고 있다.

발명의 내용

과제 해결수단

[0008] 상기의 목적을 이루고 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 유기/무기가 결합된 형태의 하이브리드 나노 구조체를 이용하여 발광 효율을 극대화 시킨 광전자 소자를 제조하는 것을 목적으로 한다.

효 과

[0009] 본 발명에 따르면, 유기/무기가 결합된 형태의 하이브리드 나노 구조체를 이용하여 발광 효율을 극대화 시킨 광

전자 소자를 제조할 수 있다.

[0010] 본 발명에 따르면, 유기 발광 고분자 나노 물질과 무기 금속 나노 입자 간에 형성되는 표면 플라즈몬 공명 (Surface Plasmon Resonance; SPR) 현상을 통해 광전자 소자의 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 광전자 소자 및 상기 광전자 소자의 제조 방법을 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0012] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광전자 소자를 설명하기 위한 도면이다.

[0013] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 광전자 소자(100)는 기판(101), 게이트 전극(102), 제1 전극(103), 제2 전극(104), 절연층(105), 및 하이브리드 나노 구조체(106)를 포함한다.

[0014] 상기 제1 전극(103)은 절연층(105)의 표면 일측에 형성되고, 제2 전극(104)은 절연층(105)의 표면 다른 일측에 형성되며, 절연층(105)은 게이트 전극(102)의 표면 상에 형성된다.

[0015] 또한, 하이브리드 나노 구조체(106)는 제1 전극(103) 및 제2 전극(104)과 연결되고, 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된다.

[0016] 절연층(105)는 제1 전극(103) 및 제2 전극(104)과 게이트 전극(102)을 절연하는 물질이면 제한되지 아니하고 사용 가능하다.

[0017] 또한, 하이브리드 나노 구조체(106)는 제1 전극(103) 및 제2 전극(104)을 전기적으로 연결하고, 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된다.

[0018] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체(106)는 광전자 소자(100)에서, 제1 전극(103)에서 제2 전극(104)으로 유입되는 에너지에 반응하여 발광한다.

[0019] 제1 전극(103)에서 제2 전극(104)은 이빔 리소그래피(e-beam lithography)에 따라 형성될 수 있으며, 광전자 소자(100)는 광 검출기(photo detector) 및 광 트랜지스터(photo transistor) 등에 이용될 수 있다.

[0020] 결국, 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된 하이브리드 나노 구조체(106)를 이용하면, 고효율의 발광 현상을 갖는 광전자 소자(100)를 제조할 수 있다.

[0021] 도 2는 본 발명의 다른 일실시예에 따른 광전자 소자(200)를 설명하기 위한 도면이다.

[0022] 광전자 소자(200)는 기판(201), 기판(201) 표면의 일측에 형성된 제1 전극, 기판 표면의 다른 일측에 형성된 제2 전극, 및 하이브리드 나노 구조체(204)를 포함한다.

[0023] 본 발명의 일실시예에 따른 제1 전극은 양극(202)으로서, 일함수가 비교적 큰 금 또는 백금을 사용할 수 있다. 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 제2 전극은 음극(203)은 음극으로서, 알루미늄이나 칼슘 등을 사용할 수 있다. 본 발명의 일실시예에 따른 상기 제2 전극은 상기 제1 전극과 일함수가 상이하다.

[0024] 광전자 소자(200)는 양극(202)을 통해서 정공이 주입되고 음극(203)을 통해 전자가 주입되는 구조로서 하이브리드 나노 구조체(204)를 통해서 고 효율의 유기 EL 소자 특성을 보인다.

[0025] 도 2에서도 마찬가지로, 하이브리드 나노 구조체(204)는 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자가 흡착되어 형성된다.

[0026] 이하, 도 3 내지 도 9를 통해서 하이브리드 나노 구조체의 제조 방법을 구체적으로 설명한다.

[0027] 먼저, 도 3 내지 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 다공성 템플레이트를 제조하는 방법을 나타내는 공정흐름을 도시한 것이다.

[0028] 도 3 내지 도 7에서는 상기 다공성 템플레이트가 알루미늄 판 또는 알루미늄 막을 양극산화 처리(Anodization)하여 형성된 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트인 경우를 예시하여 설명하나, 본 발명의 다공성 템플레이트

는 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트에 한정되지 아니하고, 본 발명 사상의 범주에서 다양한 실시예를 가질 수 있다.

[0029] 본 발명의 일실시예에 의한 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트는 알루미늄 금속에 직류전압을 인가하여 산화시켜 수직으로 형성된 양극산화부를 갖고, 상기 양극산화부에는 미세공 어레이를 형성시키는 양극산화 방법을 사용한다. 즉, 산성 용액 속에서 알루미늄을 전기적으로 산화시키는데 산소와 알루미늄이 결합하여 산화알루미늄 막이 알루미늄 금속 표면에 형성된다. 산화가 발생하는 알루미늄은 양극(positive electrode)으로 사용되므로 양극산화라고 일컬어진다.

[0030] 도 3 내지 도 7를 참조하면, 우선 알루미늄 기관(310)과 같은 금속기관을 제1 양극산화 처리하여 알루미늄 기관(310)의 상부에 산화 알루미늄(320)을 형성한다(도 3). 제1 양극산화 처리에 의하여 산화 알루미늄(320)의 표면에 수직 길이 방향의 미세공이 형성되기는 하지만, 상기 미세공의 어레이가 불규칙하다. 도 4에서 산화 알루미늄(320)을 알루미늄 기관(310)으로부터 제거하고, 도 5에서와 같이 알루미늄 기관(310)을 제2 양극산화 처리하여 규칙적인 미세공 어레이가 포함된 양극산화부(330)를 형성하여 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트(300)를 형성한다. 이후, 도 6에서 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트(300)를 알루미늄 기관(310)으로부터 분리한다. 도 7에서는 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트(300)의 상기 미세공 어레이의 하부를 형성하는 베리어 층(barrier layer)(340)을 제거하고, 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트의 일면에 금속 박막(350)을 증착한다. 금속박막(350)은 금(Au), 백금(Pt), 알루미늄(Al), 은(Ag), 크롬(Cr) 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 금속박막일 수 있다. 상술한 과정을 통해 형성된 다공성 양극산화 알루미늄 플레이트에 금속산화물 나노와이어를 전해도금시키면 저항변화 메모리 소자의 메모리 셀 즉, 셀어레이가 형성될 수 있다. 이하에서는 본 발명의 실제적 공정에 따른 실시예를 기술하기로 한다.

[0031] <실시예>

[0032] 양극산화용 전해질로 옥살산($C_2H_2O_4$) 0.3M의 농도, 5℃의 온도, 40V의 전압 인가 하에서 제1 양극산화를 6시간 정도 수행한 후, 알루미늄 기관에 형성된 산화 알루미늄을 1.8wt% 크롬산(H_2CrO_4)과 6wt% 인산(H_3PO_4) 혼합용액에 60℃에서 6시간 정도 녹이면 형성되었던 산화 알루미늄은 모두 제거되고, 상기 알루미늄 기관 상에는 딥플(dimple)이 형성된다. 상기 딥플이 형성된 알루미늄 기관에 제2 양극산화를 제1 양극산화의 조건 하에서 12시간 정도 수행하면, 규칙적으로 배열된 미세공 어레이를 포함하는 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트가 형성되었다. 형성된 상기 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트를 과염소산($HClO_4$)과 에탄올(C_2H_5OH)을 1:1의 부피비로 혼합한 용액 속에서 45V의 전압을 인가하여 상기 알루미늄 기관으로부터 분리하였다. 분리된 상기 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트의 알루미나(alumina) 베리어 층을 6wt% 인산 용액에 실온에서 30분간 담그어, 상기 베리어 층을 제거하였다. 또한, 전해도금에 필요한 전도성 박막을 만들기 위해서 상기 다공성 양극산화 알루미늄 템플레이트의 일면에 금(Au) 박막을 2000Å 증착하였다.

[0033] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 다공성 템플레이트에서 유기 발광 고분자 나노 튜브를 성장시키는 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0034] 도 8은 유기 발광 고분자 나노 물질 중에서, 유기 발광 고분자 나노 튜브를 성장시키는 제조 방법에 관한 것이다.

[0035] 도 8에서는 전기화학 합성 방법을 이용하여 유기 발광 고분자 나노 물질을 제작한다.

[0036] 유기 발광 고분자 나노 물질은 단량체, 도펀트, 및 유기 용매를 포함하는 용액으로부터 전기화학적 합성(electrochemical polymerization) 또는 화학적 합성(chemical polymerization)으로 생성될 수 있으며, 이를 위해 상기 용액을 먼저 만들어야 한다.

[0037] 본 발명의 일실시예에 따른 유기 용매로는 아세토니트릴(CH_3CN)을 사용할 수 있다. 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 단량체로는 thiophene 또는 그 유도체인 3-methylthiophene, 도펀트로는 TBAPF₆와 TBABF₄ 및 이온 용액으로 다양한 응용 가능성을 가지고 있는 BMIMPF₆ 및 BMIM BF₄ 등을 사용할 수 있다.

[0038] 알루미나(Al_2O_3) 다공성 템플레이트(802)의 한쪽 면에 전극으로 사용하기 위한 금(Au, 801)을 증착시킨 후, 스테

인레스 스틸(stainless steal)에 부착시켜서 유기 발광 고분자 나노 튜브(803)의 성장을 위한 배경 물질로 사용할 수 있다.

- [0039] 성장하는 유기 발광 고분자 나노 물질의 구조는 인가되는 전류, 시간, 단량체 및 도펀트의 비율 등의 변화를 통해 나노 튜브의 형태로 성장시킬지 또는 나노선의 형태로 성장시킬지를 결정할 수 있다.
- [0040] 도 8에서는 전기화학 방법을 이용하여, 유기 발광 고분자 나노 물질로서 금(804) 상에 P3MT 나노 튜브(805)를 형성할 수 있다.
- [0041] 또한, 형성된 P3MT 나노 튜브(805)에는 흡착할 무기 금속 나노 입자가 필요하다.
- [0042] 본 발명의 일실시예에 따르면, 무기 금속 나노 입자는 금 나노 입자(807)가 이용될 수 있다.
- [0043] 금 나노 입자(807)는 $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 를 증류수에 녹이고 toluene에 tetraoctylammonium bromide이 녹아있는 toluene 용액과 혼합함으로써, 증류수가 toluene이 섞이지 않고 분리되는 성질을 이용할 수 있다.
- [0044] 즉, 증류수가 toluene에 섞이지 않고 분리되는 성질을 이용하여 dodecanethiol를 작용기로 치환시킨 상태의 용액을 준비할 수 있다.
- [0045] 다음으로, 증류수에 녹아있는 NaBH_4 용액을 이용하여 준비된 용액에 넣어 Au를 환원하면 지름이 약 2~5nm인 금 나노 입자(807)를 형성할 수 있다.
- [0046] 금 나노 입자(807)가 형성되면, 금 나노 입자(807)를 유기 용매에 균일하게 분산하고, P3MT 나노 튜브(805)를 유기 용매에 넣어 분산시키면, 자기 조립방식에 의해 금속 나노 입자가 유기 나노 튜브에 흡착하기 때문에 금속 나노 입자가 흡착된 튜브 형태의 하이브리드 나노 구조체(806)를 제조할 수 있다.
- [0047] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 다공성 템플레이트에서 유기 발광 고분자 나노선을 성장시키는 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0048] 유기 발광 고분자 나노선 또한 도 8의 유기 발광 고분자 나노 튜브와 유사한 방법으로 제조될 수 있다.
- [0049] 다만, 도 8의 유기 발광 고분자 나노 튜브의 성장에 사용된 용액과는 다른 용액으로 유기 발광 고분자 나노선을 성장시켜야 한다.
- [0050] 즉, 금 등의 금속(901)을 다공성 템플레이트(902)의 일측에 증착시키고, 상기 용액을 이용하여 다공성 템플레이트(902)에서 유기 발광 고분자 나노선(903)을 생성한다.
- [0051] 본 발명의 일실시예에 따르면, 전기화학 방법을 이용하여, 유기 발광 고분자 나노 물질로서 금(904) 상에 P3MT 나노선(905)이 형성될 수 있다.
- [0052] 다음으로, 유기 발광 고분자 나노선(905)에 금 나노 입자(906)를 흡착하여 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체를 형성할 수 있다.
- [0053] 도 10은 본발명의 실시예에 해당하는 P3MT 나노 튜브의 SEM(Scanning Electron Microscope) 사진을 설명하는 도면이다.
- [0054] 도 10에서 보는 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따르면, 전기화학 방법을 이용하여 제조된 발광 고분자 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 나노 튜브에 대한 형성 여부를 SEM 및 HR-TEM 실험을 통하여 관찰할 수 있다.
- [0055] 발광 고분자 P3MT 나노 튜브는 지름이 200nm이고, 끝이 열려있는 나노 튜브가 형성되었으며, 벽의 두께가 약 10 nm인 나노 튜브로 성장되었음을 확인할 수 있다.
- [0056] 도 11은 본 발명의 실시예에 해당하는 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자의 HR-TEM 결과를 설명하는 도면이다.
- [0057] 도 11은 발광고분자 P3MT 나노 튜브에 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 나노 튜브의 HR-TEM 사진이다. 도 11에서 보는 바와 같이, 발광 고분자의 바깥쪽으로 지름이 약 2~5nm인 금 나노 입자가 흡착되었음을 확인할 수 있다.
- [0058] 도 12는 Chloroform(CHCl_3) 용액안에서 측정된 P3MT 나노 튜브와 금나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 PL 곡선을 도시하며, 도 13는 Chloroform(CHCl_3) 용액안에서 측정된 P3MT 나노 튜브와 금나노 입자가 흡

착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 발광 이미지를 도시한다.

- [0059] 제조된 P3MT 나노 튜브와 금속 나노 입자가 흡착되면 도 12와 같이 P3MT 나노 튜브에서 광발광(Photoluminescence; PL) 스펙트럼을 측정할 수 있다.
- [0060] 도 12를 참조하면, 자외선 흡수 분광 실험과 같은 조건으로 chloroform에 균일하게 분산을 한 후 측정된 광발광 스펙트럼을 발생한다. 이 때, P3MT 나노 튜브는 약 500nm 에서 주 피크가 보이는 반면에 금 나노 입자가 흡착된 후에는 508nm로 적색천이 현상을 보임을 확인할 수 있다. 이는 도 13의 발광 이미지를 통해서 확인이 가능하다.
- [0061] 도 14는 공초점 현미경을 이용한 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 광발광 세기를 비교하기 위한 한 가닥 3차원 광발광의 이미지를 도시하는 도면이다.
- [0062] 또한, 도 15는 도 14에 도시된 광발광의 두 이미지를 스펙트럼을 이용하여, 비교하는 도면이다. 참고로, 그래프에서 x축은 파장을 의미하고, y축은 광발광의 세기를 나타낸다.
- [0063] 도 14에서는, 공초점 현미경을 이용하여 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 광발광 세기를 비교할 수 있다.
- [0064] 구체적으로, 도 14에서는 공초점 현미경(Laser Confocal Microscope)을 이용하여 나노 물질 한 개체의 광발광 특성을 측정하였으며, 한 가닥 광발광 이미지에서 금 나노 입자가 흡착되지 않은 P3MT 나노 튜브가 약한 빛을 방출하는 것에 비해서 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 경우에 강한 빛을 방출하는 것을 관찰할 수 있다.
- [0065] 도 15에서는, 도 14에서 관찰된 결과에 대하여 좀 더 정량적인 비교를 위해, 발광의 세기를 볼트(V)단위로 측정하여 3차원 발광 이미지로 비교하고, 스펙트럼의 세기를 비교한다.
- [0066] 도 15에서는, 레이저 공초점 현미경을 이용해 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 발광세기를 볼트(V)단위로 비교할 수 있다.
- [0067] 도 15에서 보는 바와 같이, 도 14의 한 가닥 3차원 광발광 이미지에서 측정된 발광 이미지의 세기는 P3MT 나노 튜브의 경우가 약 8~10mV이고, 금 나노 입자가 흡착된 경우가 약 2.1~2.5V로 약 200~250배 정도 발광 세기의 차이가 확인된다.
- [0068] 도 14의 한 가닥 광발광 스펙트럼의 결과에서 P3MT 나노 튜브의 흡수 세기를 1로 규격화 하였을 때, 도 15에서 보는 바와 같이, 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 경우는 210으로 발광 세기가 거대하게 증가하는 현상을 관찰 할 수 있다.
- [0069] 또한, 금 나노 입자가 흡착되지 않은 P3MT 나노 튜브의 광발광 스펙트럼의 경우에 최대 봉우리의 위치가 560nm의 녹색영역의 발광 특성이 관찰되고, 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 경우에는 약 580nm 부근에서 급격하게 광발광의 세기가 증가하면서 최대 봉우리의 위치가 640nm와 685nm에서 관찰된다. 이 때, 광발광 최대 봉우리의 적색천이 현상을 보이면서 빨강색의 발광이 관찰된다.
- [0070] 결론적으로, 금속 나노 입자가 발광 고분자인 P3MT에 흡착되었을 때 발광 효율의 향상에 크게 기여를 함을 확인할 수 있다.
- [0071] 위의 관찰에서 알 수 있듯이, 거대한 발광 효율의 향상은 표면 플라즈몬 공명과 국소적으로 증가하는 전자기장에 의한 현상이라고 판단된다.
- [0072] P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 발광색을 직접적으로 비교하기 위해서 색 전하결합소자(color charge coupled device; color CCD)를 이용할 수 있다. 이 때, P3MT 하이브리드 나노 튜브의 발광색은 한 가닥으로 확인할 수 있다.
- [0073] 도 16는 색 전하결합소자(color Charged Coupled Device: color CCD)를 이용한 한 가닥 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 색 발광을 도시하는 도면이다.
- [0074] 도 16에서는, 금 나노 입자가 P3MT 나노 튜브에 균일하게 흡착되어 거대 발광 효율 향상이 되는지를 확인하기 위해, 여러 가닥의 발광 색과 밝기를 색 전하결합소자를 통해서 확인할 수 있다.
- [0075] 도 16은 순수한 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 발광색을 각각

나타낸다.

- [0076] 순수한 P3MT 나노 튜브는 약한 녹색의 빛을 방출하는데 반해, 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브는 아주 밝은 적색의 빛을 방출하는 것을 관찰할 수 있다. 이는 공초점 현미경을 이용하여 측정한 한 가닥 광 발광 이미지 및 스펙트럼의 결과와 일치한다.
- [0077] 도 17은 색 전하결합소자(color Charged Coupled Device: color CCD)를 이용한 여러 가닥 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 색 발광을 도시하는 도면이다.
- [0078] 도 17을 참조하면, 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 나노 튜브의 여러 가닥 발광 색의 이미지를 통해서 밝은 적색의 빛을 방출하는 결과를 확인 할 수 있다. 결국, 금 나노 입자가 발광 고분자 나노 튜브의 발광 효율을 균일하게 향상 시키고 있음이 확인된다.
- [0079] 도 18은 본 발명의 실시예에 해당하는 많은 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 HR-TEM 결과를 도시하는 도면이다.
- [0080] 금속 나노 입자를 발광 고분자 나노 튜브나 나노선에 흡착시킬 때, 금속 나노 입자의 종류 및 크기에 따른 표면 플라즈몬 공명의 에너지 준위가 변하게 되므로 발광 고분자의 종류에 따라서 발광 영역과 세기를 조절 할 수 있다.
- [0081] 또한, 흡착된 금속 나노 입자의 양에 따라서 발광 영역과 세기의 조절이 가능하다.
- [0082] 이에 도 18에서는, 본 발명의 실시예에서는 흡착된 금 나노 입자의 양을 증가하여 발광 고분자 나노 튜브의 빛의 세기의 증가량을 줄이는 실험을 수행하였다.
- [0083] 도 18은 보다 많은 양의 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 고분해능 현미경 이미지이다. 지름이 2~5nm 인 금 나노 입자가 P3MT 나노 튜브에 전체적으로 흡착되어 있음을 확인 할 수 있다.
- [0084] 도 19는 공초점 현미경을 이용한 P3MT 나노 튜브와 많은 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 광발광 세기를 비교 및 조절하기 위한 한 가닥 3차원 광발광의 이미지를 도시한다.
- [0085] 도 20은 도 19의 광발광 이미지에 대한 3차원 광발광 스펙트럼을 도시한 도면이다.
- [0086] 도 19의 3차원 광발광 이미지에서 하이브리드 나노 튜브는 약 180에서 220 mV로 순수한 P3MT에 비해서 약 20~28 배의 빛의 세기가 증가하였고, 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 최대 세기에 비해서 약 10 배 정도 감소하였음이 확인된다.
- [0087] 도 20의 한 가닥 광발광 스펙트럼의 결과에서 순수한 P3MT 나노 튜브의 흡수 세기를 1로 규격화 하였을 때, 금 나노 입자가 많이 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 경우는 22로 발광 세기가 증가함을 확인할 수 있다.
- [0088] 도 21은 거대 광발광 현상의 해석을 위해 순수한 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 UV/Vis 흡수 곡선 결과를 도시한 도면이다.
- [0089] 도 21에서는, 스펙트럼을 이용하여 발광 고분자 P3MT 나노 튜브에 금속 나노 입자를 흡착시킨 새로운 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 거대 발광 효율의 증가를 분석한다. 이를 위해, 도 21에서는 UV/Vis 흡수 곡선, 및 광발광의 양자 효율을 측정한 결과를 비교한다.
- [0090] 구체적으로, 도 21은 금 나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 표면 플라즈몬 공명 현상의 증거를 확인하기 위해서 UV/Vis 흡수 곡선 결과이다.
- [0091] UV/Vis 흡수 곡선을 통해서 클로로포름 용액 안에서 P3MT 나노 튜브는 390 nm에서 $\pi-\pi^*$ 천이 봉우리가 관찰되고 도핑정도를 보여주는 800nm의 피크가 관찰됨을 확인할 수 있다.
- [0092] 금 나노 입자가 흡착된 이중 하이브리드 P3MT 나노 튜브를 형성한 후에 $\pi-\pi^*$ 천이 봉우리의 큰 변화는 없지만, 도핑정도를 보여주는 800nm의 피크가 사라지고 표면 플라즈몬(surface plasmons, SPs)에 의한 영향이라고 판단되는 563nm와 615nm에서 새로운 흡수 봉우리가 관찰됨을 알 수 있다.
- [0093] 새로운 흡수 봉우리가 관찰되었다는 점은, 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브에서 금 나노 입자와 P3MT 나노 튜브 사이에 발생하는 표면 플라즈몬 공명 현상에 의해서 새로운 에너지 준위가 형성되었고, 보다 많은 엑시톤을 형성하여 에너지 또는 전하전달 현상이 일어나고 있음을 암시한다.

- [0094] 결국, 563nm와 615nm에서 새로운 흡수 봉우리가 관찰되었다는 점은 금 나노 입자를 흡착시킴으로써 발광 고분자의 발광 효율을 증가시킨 고효율의 하이브리드 나노 튜브의 증거자료가 될 수 있다.
- [0095] 금 나노 입자 흡착을 통해서 광발광 효율이 증가하고 있음을 확인한 후 이와 같은 현상의 증거자료로 양자효율을 측정하였다.
- [0096] Coumarin 307(양자효율 0.89)을 기준으로 해서 그의 흡수에 따른 발광의 세기의 기울기 대비 나노 튜브와 금나노 입자가 흡착된 후 나노 튜브의 기울기를 비교하여 양자효율을 계산하였다.
- [0097] 그 결과 나노 튜브의 양자효율은 약 0.034로 측정되었고, 최대 200배 이상 발광 효율이 증가한 P3MT 하이브리드 나노 튜브는 약 0.16의 양자 효율로 5배정도 증가하는 현상을 확인하였고, 보다 많은 금 나노 입자를 흡착하여 약 20배 정도 발광 효율이 향상된 P3MT 하이브리드 나노 튜브는 0.101로 3배 증가하고 있음을 확인할 수 있다.
- [0098] 이로써 금 나노 입자 흡착을 통해서 유기발광 고분자 나노물질의 발광세기를 증가할 수 있고 또 그 세기를 조절할 수 있음이 확인 가능하다.
- [0099] 도 22는 본 발명의 일실시예에 따른 π -공액구조를 갖는 발광고분자 단량체의 화학구조이고, 도 23는 본 발명의 일실시예에 따른 π -공액구조를 갖는 도펀트들의 화학구조이다.
- [0100] π -공액구조를 갖는 발광 고분자 나노 튜브 또는 나노선을 제작하기 위해서는 유기용매, 단량체, 및 도펀트를 혼합하고 교반하여 균질한 전기화학 중합용액을 제조해야 한다.
- [0101] 유기 용매는 아세토니트릴(CH₃CN)을 사용할 수 있으며, 단량체는 티오펜(thiophene), 3-메틸티오펜(3-methylthiophene), 3-부틸티오펜(3-butylthiophene), 3-헥실티오펜(3-hexylthiophene), 3-옥틸티오펜(3-octylthiophene), 및 3-도데실티오펜(3-dodecylthiophene) 중에서 적어도 어느 하나 이상을 혼합한 것을 사용할 수 있다.
- [0102] 도펀트로는 캄포설폰산, 벤젠설폰산, p-도데실벤젠설폰산, HCl 및 p-톨루엔설폰산, 폴리(4-스티렌설포네이트), 나프탈렌설폰산, 테트라부틸암모늄, 헥사플루오로포스페이트, 테트라부틸암모늄 테트라플루오로보레이트, 및 1-부틸-3-메틸이미다졸리움헥사플루오로포스페이트, 및 1-부틸-3-메틸이미다졸리움 테트라플루오로보레이트를 이용할 수 있다.
- [0103] 도 24는 본 발명의 일실시예에 따른 광소자 제조 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0104] 도 24를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 광소자 제조 방법은 먼저 기판을 형성한다(S2401).
- [0105] 다음으로, 본 발명의 일실시예에 따른 광소자 제조 방법은 상기 형성된 기판 상에 게이트 전극을 형성(S2402)하고, 상기 형성된 게이트 전극의 상부 표면에 절연층을 형성한다.
- [0106] 본 발명의 일실시예에 따른 광소자 제조 방법은 상기 절연층 표면의 일측에 제1 전극을 형성하고, 다른 일측에 제2 전극을 형성한다(S2403).
- [0107] 마지막으로, 본 발명의 일실시예에 따른 광소자 제조 방법은 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극을 전기적으로 연결하는 하이브리드 나노 구조체를 형성한다(S2404).
- [0108] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체는 유기 발광 고분자 나노 물질에 무기 금속 나노 입자를 흡착하여 제조될 수 있다. 이로써, 자외선 흡수 분광실험을 통하여 확인 가능한 표면 플라즈몬 공명현상으로 인해, 기존의 나노 물질에 비해서 크게 향상된 발광 특성을 나타낸다.
- [0109] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체를 포함하는 광전자 소자는 나노 광전자 소자, 발광 소자 등에 응용 가능하다.
- [0110] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체를 제조하는 방법은 도 25를 통해 구체적으로 설명한다.
- [0111] 도 25는 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체를 제조하는 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0112] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체를 제조하는 방법은 먼저, 유기 발광 고분자 나노 물질을 제작한다(S2501).
- [0113] 다음으로, 상기 유기 발광 고분자 나노 물질에 흡착할 무기 금속 나노 입자를 제작한다(S2502).
- [0114] 본 발명의 일실시예에 따른 유기 발광 고분자 나노 물질은 발광 고분자 나노 튜브 또는 나노선으로 해석될 수

있다.

- [0115] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체를 제조하는 방법은 무기 금속 나노 입자를 유기 발광 고분자 나노 물질에 흡착하여 상기 하이브리드 나노 구조체를 제조한다(S2503).
- [0116] 이하에서는, 설명의 편의를 위해 상기 유기 발광 고분자 나노 물질을 발광 고분자 나노 튜브로 해석한다.
- [0117] 단계 S2501와 같이, 전기화학 중합용액을 다공성 알루미늄 옥사이드(Al_2O_3)에 투입하여 π -공액구조의 발광 고분자 나노 튜브가 형성된다.
- [0118] 본 발명의 일실시예에 따른, 무기 나노 물질은 구리(Cu), 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 아연(Zn), 티탄(Ti), 크롬(Cr), 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 알루미늄(Al), 및 이들의 복합체로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0119] 무기 금속 나노 입자가 금인 경우, 본 발명의 실시예로 전기화학 중합방법을 이용하여 합성된 발광 고분자 나노 튜브의 바깥쪽으로 지름이 약 2~5nm인 금 나노 입자를 1~5nm 사이의 간격으로 상기 유기 발광 고분자 나노 물질에 균일하게 흡착하여 새로운 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 나노 튜브를 제작할 수 있다.
- [0120] 금 나노 입자는 $HAuCl_4 \cdot 3H_2O$ 를 환원하여 dodecanethiol를 작용기로 가진 형태로 제작하여 발광 고분자 나노 물질에 흡착할 수 있다.
- [0121] 위와 같은 제조 방법을 이용하면, 제조된 금 나노 입자가 흡착된 발광 고분자 나노 튜브는 발광 고분자와 금 나노 입자 사이에 형성되는 표면 플라즈몬 공명에 의한 현상과 금 나노 입자 사이에 국소적으로 발생하는 강한 전자기장에 의해서 많은 엑시톤의 형성이 가능하다. 또한, 많은 엑시톤의 형성에 따라 거대 광발광 효율의 증가를 확인 할 수 있다.
- [0122] 결국, 무기 금속 나노 입자를 π -공액구조의 유기 발광 고분자 나노 물질에 흡착함으로써, 유기와 무기가 결합된 새로운 하이브리드 나노 구조체를 할 수 있으며, 이 때 고려해야 할 점은 다음과 같다.
- [0123] 첫째, 소수성(hydrophobicity)의 발광 고분자에 친수성(hydrophilicity)의 금속 나노 입자를 흡착하기 위해서, 작용기를 치환하여 금속 나노 입자가 소수성을 갖도록 해야만 한다.
- [0124] 따라서, 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체를 제조하는 방법은 작용기로서 DDT(Dodecanethiol)를 치환하여 친수성(hydrophilicity)의 무기 금속 나노 입자를 소수성(hydrophobicity)으로 가공하여 상기 유기 발광 고분자 나노 물질에 흡착하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0125] 둘째, 무기 금속 나노 입자를 선택할 때에는 발광 고분자 나노 물질의 밴드갭과 일치하는 플라즈몬 밴드갭을 갖는 것을 선택해야 한다.
- [0126] 만약, 밴드갭과 일치하지 않는 플라즈몬 밴드갭이 선택되면, 나노 규모의 표면 플라즈몬 에너지 준위를 통해 거대 광발광 효율의 향상을 기대할 수 없다.
- [0127] 본 발명의 일실시예에 따른 광전자 소자의 제조 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0128] 본 발명에서 제안한 무선 통신 단말기 및 동작 방법을 특정 무선 통신 기기 그룹에 적용하면, 좁은 공간에 많은 무선 통신 단말기들이 밀집되어 있는 경우라도 다른 무선 통신 단말기들과 간섭하는 일 없이 나의 무선 통신 단말기들끼리 통신할 수 있다.
- [0129] 또한, 본 발명에서 제안한 무선 통신 단말기 및 동작 방법을 특정 무선 통신 기기 그룹에 적용하면, 나의 무선 통신 단말기들이 다른 무선 통신 단말기들과 다른 주파수 대역, 다른 무선 통신 기술을 사용하므로 다른 그룹의

무선 통신 단말기들이 나의 통신 무선 기기들을 발견하거나 접속하기 어려워 보다 안전한 무선 통신을 수행할 수 있다.

[0130] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0131] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

[0132] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광전자 소자를 설명하기 위한 도면이다.

[0133] 도 2는 본 발명의 다른 일실시예에 따른 광전자 소자를 설명하기 위한 도면이다.

[0134] 도 3 내지 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 다공성 템플레이트를 제조하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0135] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 다공성 템플레이트에서 발광 고분자 나노 튜브를 성장시키는 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0136] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 다공성 템플레이트에서 발광 고분자 나노선을 성장시키는 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0137] 도 10은 본 발명의 실시예에 해당하는 P3MT 나노 튜브의 SEM 사진을 설명하는 도면이다.

[0138] 도 11은 본 발명의 실시예에 해당하는 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자의 HR-TEM 결과를 설명하는 도면이다.

[0139] 도 12는 Chloroform(ChCl₃) 용액안에서 측정한 P3MT 나노 튜브와 금나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 PL 곡선을 도시하는 도면이다.

[0140] 도 13는 Chloroform(ChCl₃) 용액안에서 측정한 P3MT 나노 튜브와 금나노 입자가 흡착된 P3MT 하이브리드 나노 튜브의 발광 이미지를 도시하는 도면이다.

[0141] 도 14는 공초점 현미경을 이용한 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 광발광 세기를 비교하기 위한 한 가닥 3차원 광발광을 도시하는 도면이다.

[0142] 도 15는 공초점 현미경을 이용한 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 광발광 세기를 비교하기 위한 한 가닥 광발광 스펙트럼을 도시하는 도면이다.

[0143] 도 16는 색 전하결합소자(color Charged Coupled Device: color CCD)를 이용한 한 가닥 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 색 발광을 도시하는 도면이다.

[0144] 도 17은 색 전하결합소자(color Charged Coupled Device: color CCD)를 이용한 여러 가닥 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 색 발광을 도시하는 도면이다.

[0145] 도 18은 본 발명의 실시예에 해당하는 많은 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 HR-TEM 결과를 도시하는 도면이다.

[0146] 도 19는 공초점 현미경을 이용한 P3MT 나노 튜브와 많은 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 광발광 세기를 비교 및 조절하기 위한 한 가닥 3차원 광발광을 설명하는 도면이다.

[0147] 도 20은 공초점 현미경을 이용한 P3MT 나노 튜브와 많은 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 광발광 세기를 비교 및 조절하기 위한 한 가닥 3차원 광발광 스펙트럼을 도시한 도면이다.

[0148] 도 21은 거대 광발광 현상의 해석을 위해 순수한 P3MT 나노 튜브와 금 나노 입자가 흡착된 하이브리드 P3MT 나노 튜브의 UV/Vis 흡수 곡선 결과를 도시한 도면이다.

[0149] 도 22는 본 발명의 일실시예에 따른 π -공액구조를 갖는 발광고분자의 화학구조이다.

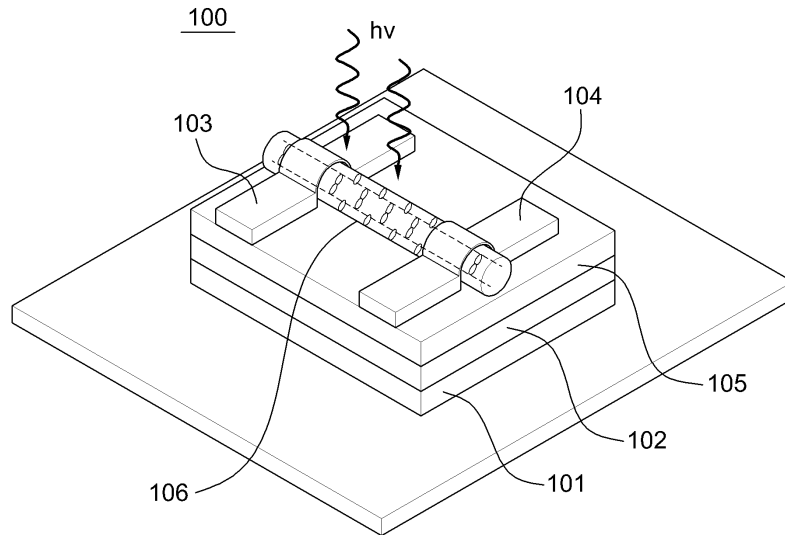
[0150] 도 23는 본 발명의 일실시예에 따른 π -공액구조를 갖는 도펀트들의 화학구조이다.

[0151] 도 24는 본 발명의 일실시예에 따른 광소자 제조 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

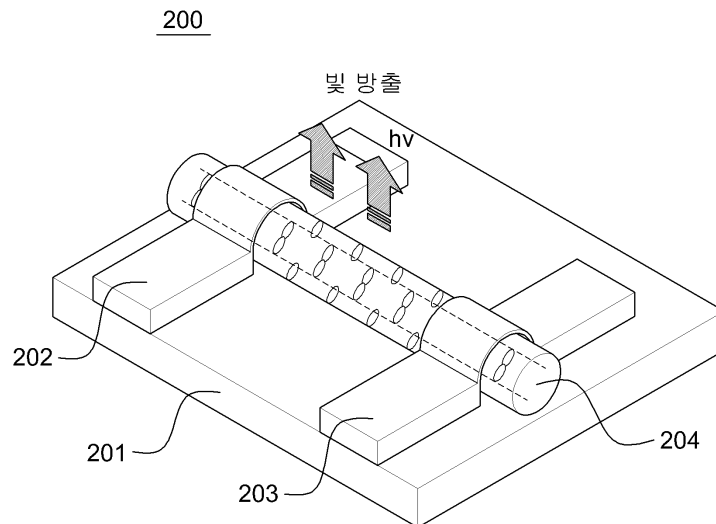
[0152] 도 25는 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 나노 구조체를 제조하는 구체적인 방법을 설명하는 흐름도이다.

도면

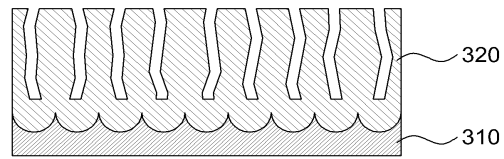
도면1



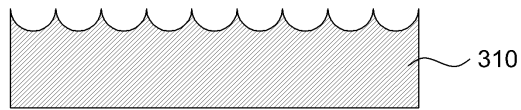
도면2



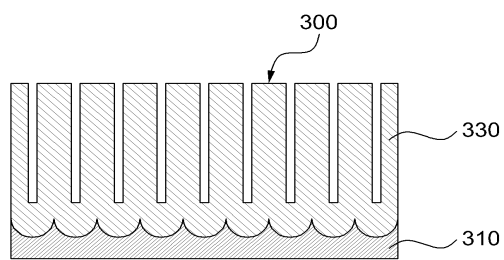
도면3



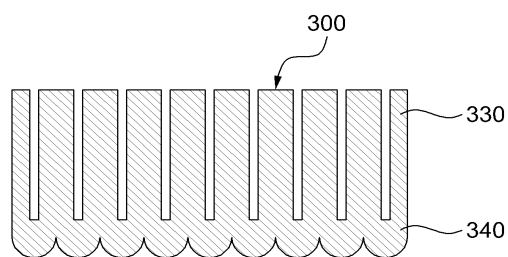
도면4



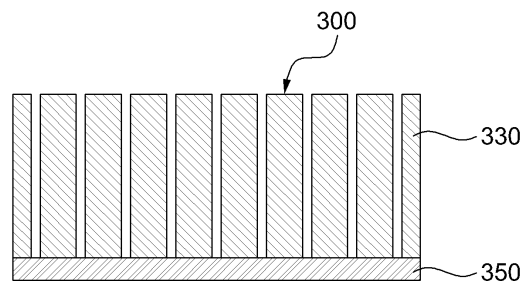
도면5



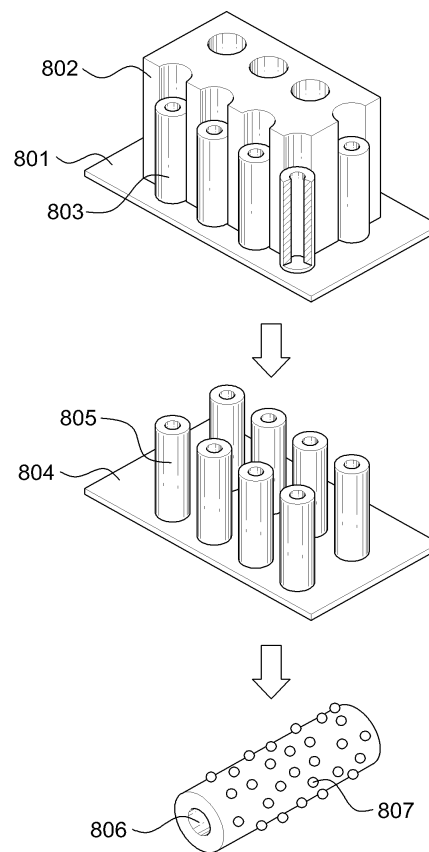
도면6



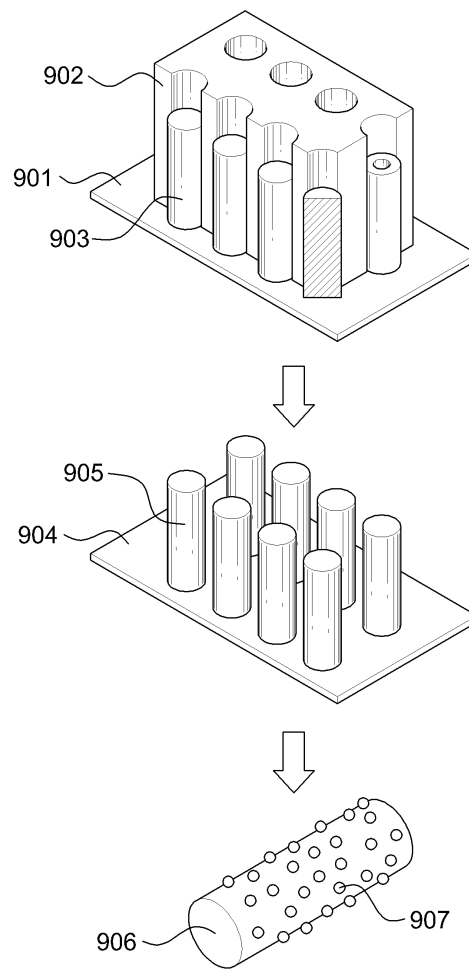
도면7



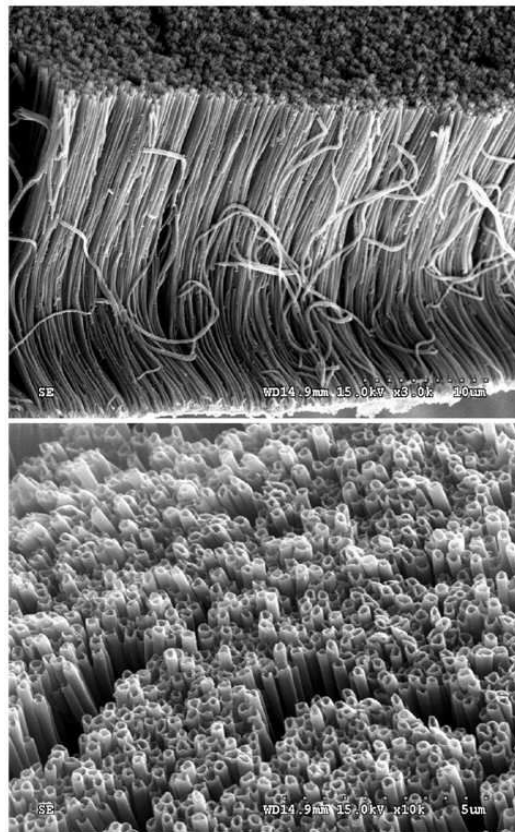
도면8



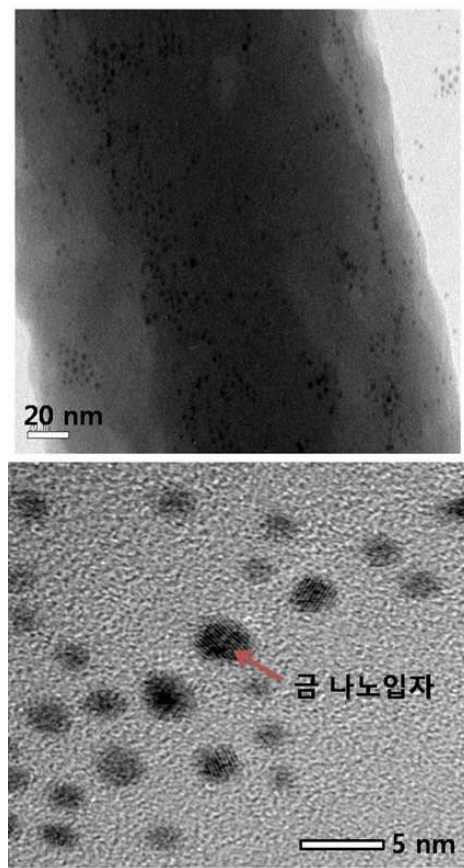
도면9



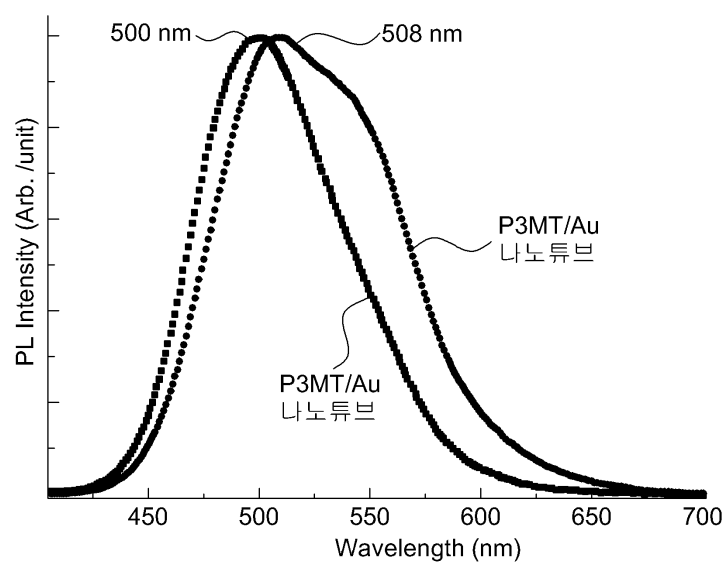
도면10



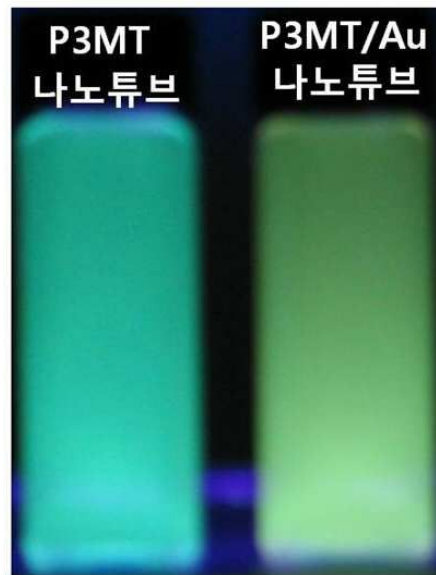
도면11



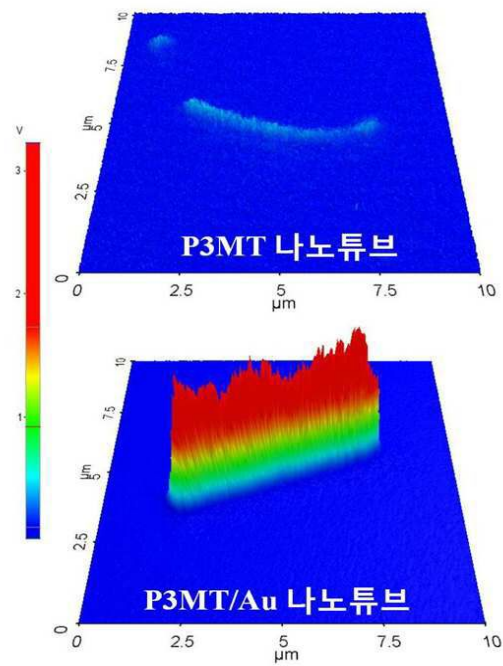
도면12



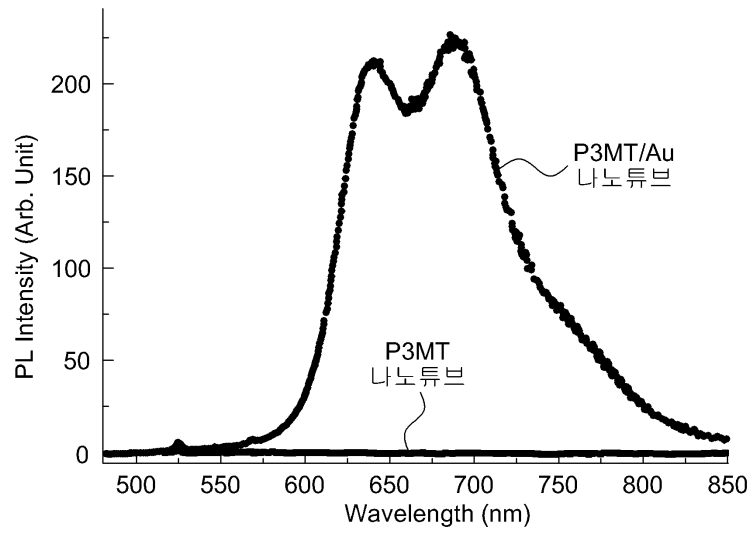
도면13



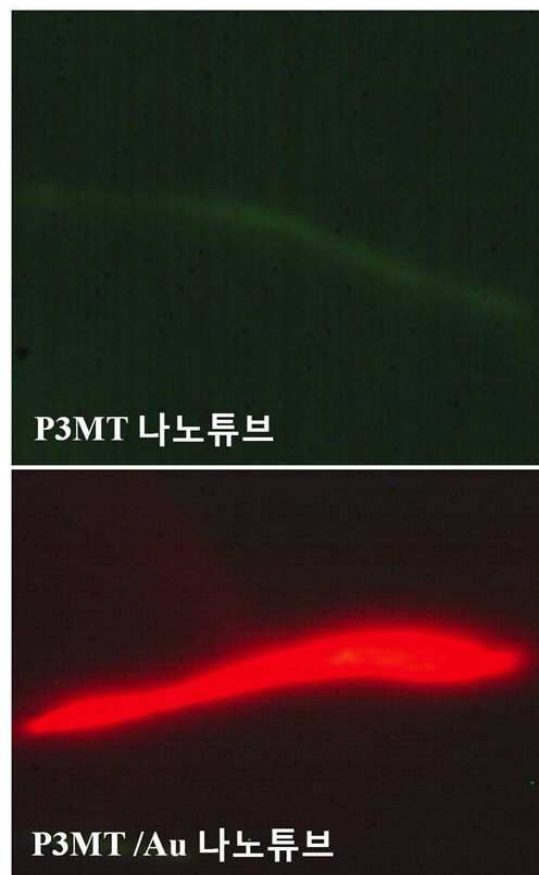
도면14



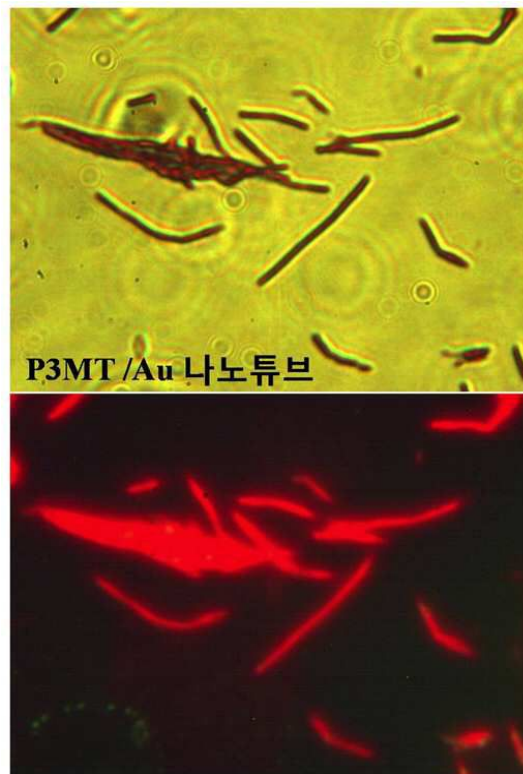
도면15



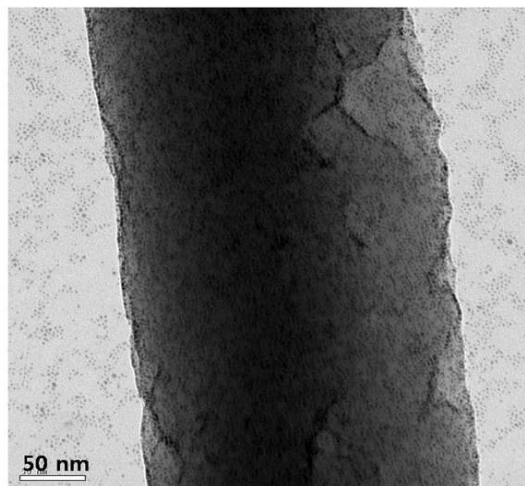
도면16



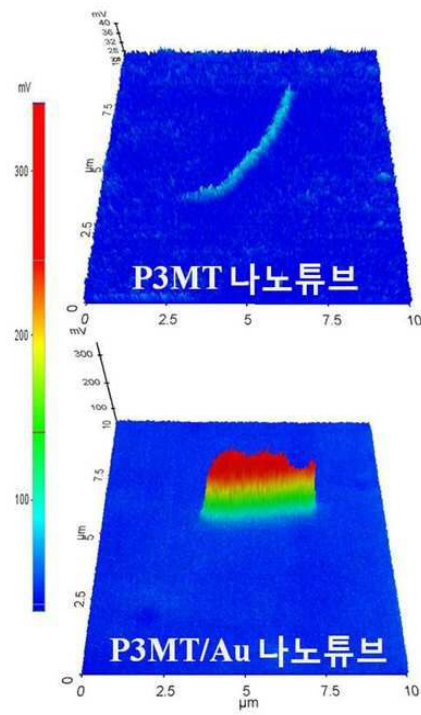
도면17



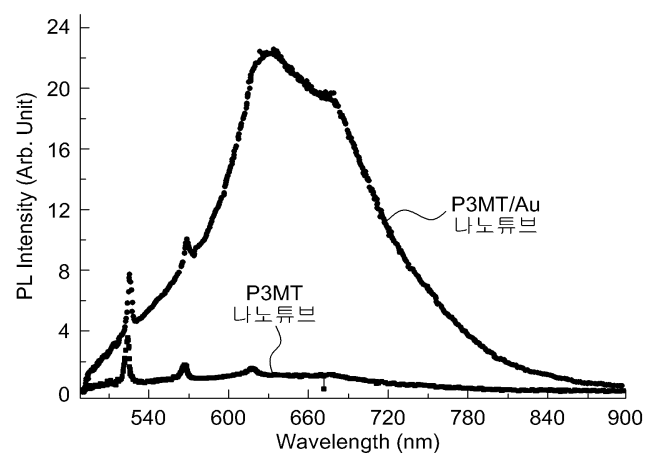
도면18



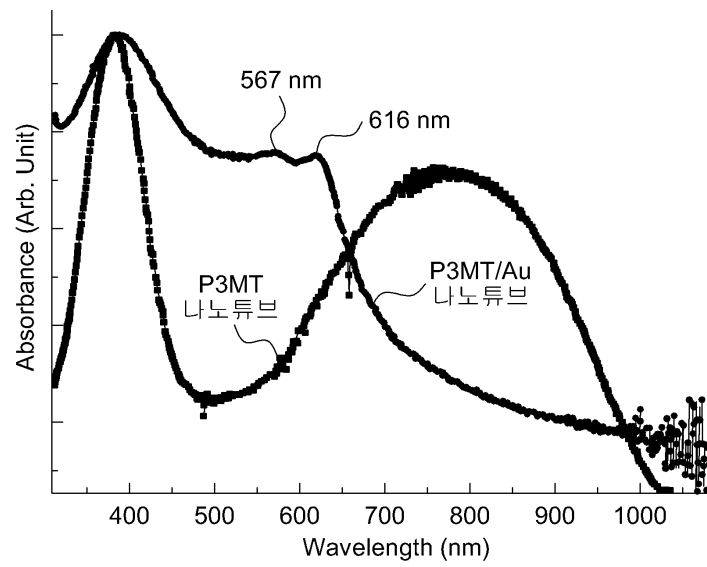
도면19



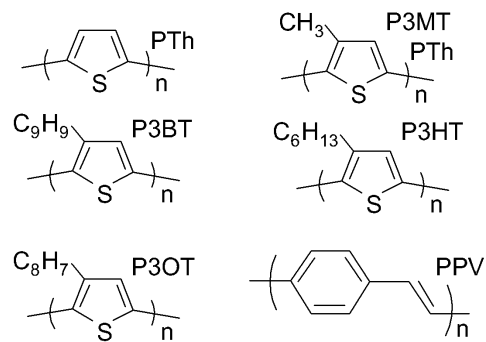
도면20



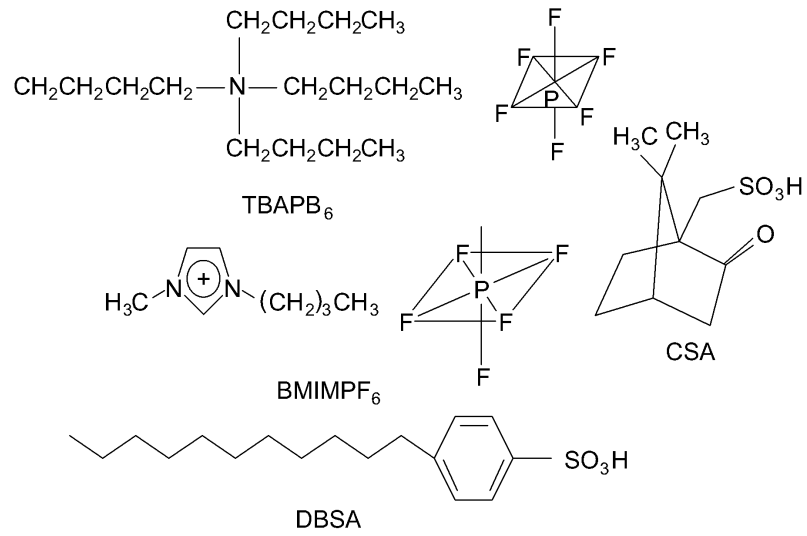
도면21



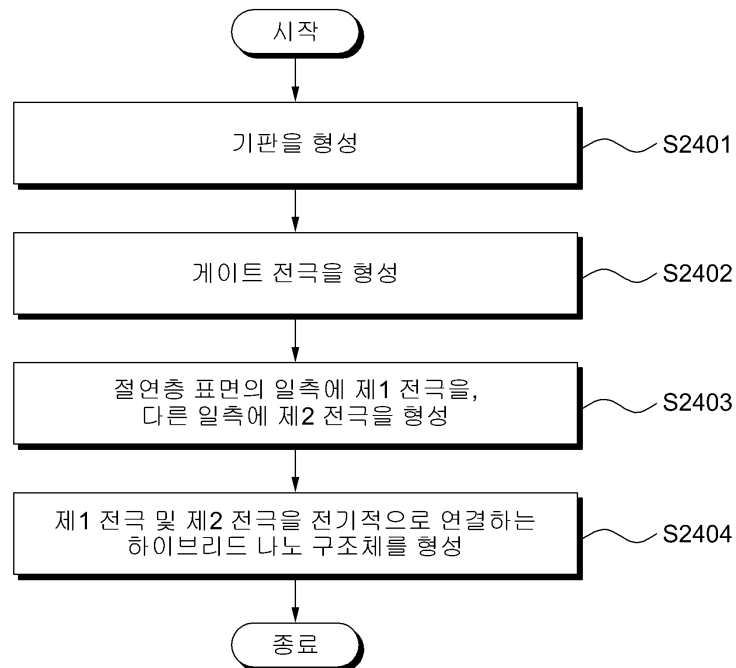
도면22



도면23



도면24



도면25

