(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월24일
(11) 등록번호 10-2024647
(24) 등록일자 2019년09월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 1/00 (2006.01) *B22F 9/16* (2006.01)
C01G 15/00 (2006.01) *C01G 19/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0052088
(22) 출원일자 2013년05월08일
심사청구일자 2018년01월25일
(65) 공개번호 10-2014-0132623
(43) 공개일자 2014년11월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130059525 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
서울대학교 산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
(72) 발명자
최추지
경기도 고양시 덕양구 충장로152번길 39
햇빛마을20단지아파트 2017동 1904호
남기태
서울특별시 관악구 관악로 1 서울대학교 공과대학 33동 105호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
네이트특허법인

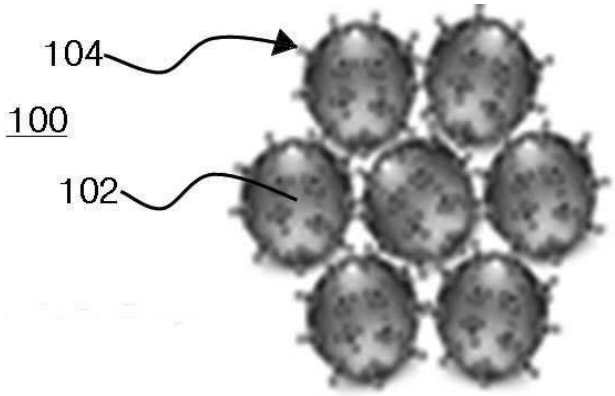
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 강민석

(54) 발명의 명칭 **무기 리간드를 갖는 용액형 ITO 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 ITO 입자와; 상기 ITO 입자를 둘러싸고 아이오딘 함유 무기 리간드를 포함하는 용액형 ITO를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

주영창

서울특별시 관악구 관악로 1 서울대학교 공과대학 33동 311호

추아림

서울특별시 관악구 관악로 1 서울대학교 공과대학 31동 418호

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110109771 A

KR1020100131008 A

KR1020100067108 A

KR100713745 B1

WO2010131674 A1

KR1020100123794 A

명 세 서

청구범위

청구항 1

ITO 입자와;

상기 ITO 입자를 둘러싸고 아이오딘 함유 무기 리간드

를 포함하는 용액형 ITO.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 아이오딘 함유 무기 리간드는 I^- 또는 BI_3인 것을 특징으로 하는 용액형 ITO.

청구항 3

ITO 입자와 무기 리간드가 포함된 분자와 제 1 극성 용매를 포함하는 용액을 혼합하여 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 형성하는 단계와;

상기 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 상 분리하는 단계와;

상기 상 분리된 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 제 2 극성 용매에 분산시키는 단계

를 포함하는 용액형 ITO의 제조 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 무기 리간드는 I^-이고 상기 제 1 극성 용매는 암모니아수 또는 수산화나트륨 수용액인 것을 특징으로 하는 용액형 ITO의 제조 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 무기 리간드는 BI_3이고 상기 제 1 극성 용매는 dimethylformamide인 것을 특징으로 하는 용액형 ITO의 제조 방법.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 제 2 극성 용매는 에탄올인 것을 특징으로 하는 용액형 ITO의 제조 방법.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 상 분리하는 단계 이후, 상기 상 분리된 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 극성 용매에 분산시키는 단계 이전에,

상기 상 분리된 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 톨루엔과 상기 제 2 극성 용매를 포함한 후 상 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 용액형 ITO의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 ITO 입자에 관한 것으로, 특히 아이오딘 함유 무기 리간드를 포함하는 용액형 ITO 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 사회가 본격적인 정보화 시대로 접어듦에 따라 대량의 정보를 처리 및 표시하는 디스플레이(display) 분야가 급속도로 발전해 왔고, 이에 부응하여 액정표시장치(Liquid Crystal Display device : LCD), 유기발광다이오드표시장치(organic light emitting diode display device : OELD) 등과 같은 다양한 평판표시장치가 개발되어 각광받고 있다.

[0003] 예를 들어, 액정표시장치는 액정의 광학적 이방성과 분극성질을 이용하여 구동된다. 상기 액정은 구조가 가늘고 길기 때문에 분자의 배열에 방향성을 가지고 있으며, 인위적으로 액정에 전기장을 인가하여 분자배열의 방향을 제어할 수 있다. 따라서, 상기 액정의 분자배열 방향을 임의로 조절하면, 액정의 분자배열이 변하게 되고, 광학적 이방성에 의해 상기 액정의 분자배열 방향으로 빛이 굴절하여 화상정보를 표현할 수 있다.

[0004] 현재에는 박막트랜지스터와 상기 박막트랜지스터에 연결된 화소전극이 행렬방식으로 배열된 능동행렬 액정표시장치(AM-LCD : Active Matrix LCD 이하, 액정표시장치로 약칭함)가 해상도 및 동영상 구현능력이 우수하여 가장 주목받고 있다.

[0005] 이러한 액정표시장치는 공통전극이 형성된 컬러필터 기판과 화소전극이 형성된 어레이 기판과, 상기 두 기판 사이에 개재된 액정층을 포함한다. 상기 공통전극과 화소전극 사이에 형성되는 전기장에 의해 액정을 구동한다.

[0006] 즉, 액정표시장치는 액정층을 구동하기 위한 화소전극과 공통전극을 필요로 하며, 이들은 투명도전성 물질인 인듐-틴-옥사이드(indium-tin-oxide, ITO)로 주로 형성된다.

[0007] 스퍼터(sputter) 장치를 이용하여 ITO층을 형성하고 포토리소그라피(photolithography) 공정을 이용하여 ITO층을 패터닝함으로써 화소전극 등을 형성하게 된다.

[0008] 그러나, 스퍼터 장치는 매우 고가이고 공정이 복잡하기 때문에, 생산 효율 및 제조 원가 측면에서 단점을 갖는다.

[0009] 최근, 이러한 문제를 해결하기 위해, 용액형 ITO가 개발되었다. 종래 용액형 ITO는 유기 리간드가 ITO 입자를 둘러싸는 형태를 갖는다. 예를 들어, ITO 입자를 myristic acid와 같은 유기 리간드가 둘러싸는 구조의 용액형 ITO가 제안되었다.

[0010] 그러나, 이와 같이 유기 리간드를 포함하는 용액형 ITO는 부피가 큰 유기 리간드에 의해 ITO 입자간 거리가 증가하기 때문에, 낮은 전도도를 갖는다. 또한, 요구되는 전도도를 얻기 위해서는 500℃ 이상의 높은 소성 온도가 요구된다. 또한, 유기 리간드를 갖는 용액형 ITO의 경우 비극성(non-polar) 용매가 요구되기 때문에, 용매 선택에 한계가 있다.

[0011] 최근에, 유리 기판을 대신하여 플렉서블 특성을 갖는 플라스틱 기판이 이용되고 있는데, 이와 같은 높은 소성 온도를 필요로 하는 용액형 ITO를 이용하여 화소전극 등을 형성하면 플렉서블 기판이 손상되는 문제가 발생한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 용액형 ITO가 유기 리간드를 포함함으로써 발생되는 낮은 전도도와 높은 소성 온도의 문제를 해결하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 위와 같은 과제의 해결을 위해, 본 발명은 ITO 입자와; 상기 ITO 입자를 둘러싸고 아이오딘 함유 무기 리간드를 포함하는 용액형 ITO를 제공한다.

[0014] 본 발명의 용액형 ITO에 있어서, 상기 아이오딘 함유 무기 리간드는 I^- 또는 BI_3인 것을 특징으로 한다.

[0015] 다른 관점에서, 본 발명은 ITO 입자와 무기 리간드가 포함된 분자와 제 1 극성 용매를 포함하는 용액을 혼합하여 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 형성하는 단계와; 상기 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 상 분리하는 단계와; 상기 상 분리된 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 제 2 극성 용매에 분산시키는 단계를 포함하는 용액형 ITO의 제조 방법을 제공한다.

[0016] 본 발명의 용액형 ITO 제조 방법에 있어서, 상기 무기 리간드는 I^-이고 상기 제 1 극성 용매는 암모니아수 또는 수산화나트륨 수용액인 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명의 용액형 ITO 제조 방법에 있어서, 상기 무기 리간드는 BI_3이고 상기 제 1 극성 용매는 dimethylformamide인 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명의 용액형 ITO 제조 방법에 있어서, 상기 제 2 극성 용매는 에탄올인 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명의 용액형 ITO 제조 방법에 있어서, 상기 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 상 분리하는 단계 이후, 상기 상 분리된 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 극성 용매에 분산시키는 단계 이전에, 상기 상 분리된 무기 리간드가 치환된 ITO 입자를 톨루엔과 상기 제 2 극성 용매를 포함한 후 상 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 용액형 ITO는 ITO입자를 둘러싸는 무기 리간드를 포함함으로써 ITO 입자간 거리가 감소되고 전도도 특성이 향상된다.

[0021] 또한, 낮은 소성 온도에 의해서도 향상된 전도도 특성을 갖기 때문에 플라스틱 기판에 적용하여 플렉서블 표시장치를 형성할 수 있는 장점을 갖는다.

[0022] 또한, 극성 용매를 이용하기 때문에, 용매 선택에 대한 자유도를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 용액형 ITO의 개략적인 사시도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 용액형 ITO의 FTIR 스펙트럼이다.

도 3은 본 발명에 따른 용액형 ITO가 적용된 액정표시장치의 개략적인 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 설명한다.

[0025] 본 발명의 실시예에 따른 용액형 ITO는 ITO 입자와 상기 ITO 입자를 둘러싸는 무기 리간드(inorganic ligand)를 포함한다. 또한, 무기 리간드로 둘러싸인 ITO 입자가 분산되는 분산 용매를 포함함으로써, 용액 공정에 의해 ITO 층을 형성하게 된다.

[0026] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 용액형 ITO의 개략적인 사시도인 도 1을 참조하면, 용액형 ITO(100)은 ITO 입자(102)와 상기 ITO 입자(102)를 둘러싸는 무기 리간드(104)를 포함한다. 이러한 용액형 ITO(100)는 용매에 분산됨으로써 용액 공정에 의해 ITO 전극을 형성하게 된다.

[0027] 이러한 용액형 ITO(100)는 무기 리간드(104)가 ITO 입자(102)를 둘러싸게 되는데, 유기 리간드로 둘러싸여 있는 ITO 입자(102)에서 유기 리간드가 무기 리간드로 치환됨으로써 얻어진다.

[0028] 이때, 무기 리간드(104)는 아이오딘(iodine, I) 함유 리간드일 수 있다. 예를 들어, 상기 무기 리간드(104)는 I^- 또는 BI_3일 수 있다. I^- 리간드는 ITO 입자의 유기 리간드와 치환되어 정전기적 상호작용(electrostatic interaction)에 의해 ITO 입자를 둘러싸게 되고, BI_3 리간드는 ITO 입자의 유기 리간드와 치환되어 반데르 발스(van der Waals) 상호작용에 의해 ITO 입자를 둘러싸는 구조를 갖게 된다.

[0029] 이러한 무기 리간드는 유기 리간드에 비해 그 길이가 짧기 때문에, 형성된 ITO 전극에서 ITO 입자가 간 거리가 감소한다. 따라서, 저온 공정으로 면저항이 낮은 ITO 전극을 형성할 수 있으며 플라스틱과 같은 플렉서블 기판에 적용 가능한 장점을 갖는다.

[0030] 본 발명에 따른 용액형 ITO는 아이오딘염이 용해된 용액과 ITO 입자를 혼합하여 ITO 입자에 아이오딘 함유 무기 리간드를 치환시키고 침전된 ITO 입자를 용매에 분산시킴으로써 합성된다.

[0031] 이하, 구체적인 합성예를 설명한다.

[0032] 합성예1

[0033] 1) ITO 입자가 함유되어 있는 헥산(hexane) 용액(20mg/mL)과 potassium iodide (KI)가 함유되어 있는 암모니아-에탄올 용액(ammonia ethanol solution)을 상온에서 혼합하였다.

[0034] 2) 상기 혼합물을 원심분리기로 상 분리하였다.

[0035] 3) 침전된 ITO 입자를 3mL의 톨루엔 및 3mL의 에탄올과 상온에서혼합한 후, 다시 원심분리기로 상 분리하였다.

[0036] 4) 침전된 나노 크리스탈을 에탄올에 분산시켜 용액형 ITO를 합성하였다.

[0037] 합성예2

[0038] 1) ITO 입자가 함유되어 있는 헥산(hexane) 용액(20mg/mL)과 boron triiodide (BI3)가 함유된 dimethylformamide (DMF) 용액을 상온에서 혼합하였다.

[0039] 2) 상기 혼합물을 원심분리기로 상 분리하였다.

[0040] 3) 침전된 나노 크리스탈을 3mL의 톨루엔과 3mL의 DMF와 혼합한 후, 다시 원심분리기로 상 분리하였다.

[0041] 4) 침전된 나노 크리스탈을 에탄올에 분산시켜 용액형 ITO를 합성하였다.

[0042] 상기 합성예에서, ITO 입자는 유기 리간드를 포함하여 무극성 용매인 헥산에 녹아 있는 상태이다. ITO 입자의 경우 유기 리간드가 결합되어 있는 경우 입자의 균일도가 향상된다. 그러나, 유기 리간드가 치환되지 않은 ITO 입자(bare ITO particle)가 이용될 수도 있다.

[0043] KI가 함유되어 있는 용액, 예를 들어 극성 용액인 암모니아수 용액과 상기 ITO 입자를 혼합함으로써 ITO 입자의 유기 리간드를 무기 리간드로 치환하였다. ITO 입자가 유기 리간드를 포함하지 않는 경우, 무기 리간드가 ITO 입자에 직접 결합됨은 물론이다.

[0044] 암모니아수는 PH값을 낮춰 수율을 향상시키는 역할을 하며, 암모니아-에탄올 용액 대신에 암모니아수 또는 수산화나트륨(NaOH) 용액이 이용될 수도 있다. 다음, 무기 리간드로 치환된 ITO 입자를 상 분리하고, 이를 극성 용매, 예를 들어 에탄올에 분산시켜 용액형 ITO를 얻게 된다.

[0045] 여기서, 에탄올은 약한 산 용매(weakly acidic solvent)로, 에탄올에 의해 ITO 나노 크리스탈(NP) 표면에서 양성자 제거(deprotonation) 현상이 발생한다. 이에 의해, ITO 나노 크리스탈 표면에 붙어있던 유기 리간드가 효율적으로 제거된다.

[0046] 또한, 암모니아수 용액 조건에서는, 질소 원자의 높은 전기 음성도로 인하여, 화학적 물질 변화(chemical modification)가 ITO 나노 크리스탈(NP) 표면에서 일어나게 된다. 이에 의해 전자의 이동이 일어나며 환원 현상(reduction)이 발생한다. 또한, dimethylformamide(DMF)는 무기 리간드의 치환 시 불안정한 ITO 나노 크리스탈을 안정화시키는 역할을 한다.

[0047] 한편, 전술한 합성예1 및 2에서 3)단계는 ITO 입자의 유기 리간드를 효과적으로 제거하기 위한 것으로, 이는 생략될 수 있다.

[0048] 전술한 합성예1에 의해 얻어진 I- 무기 리간드를 갖는 용액형 ITO의 FTIR 스펙트럼을 도 2에 도시하였다.

[0049] 도 2에 도시된 바와 같이, 종래 유기 리간드를 갖는 ITO 입자의 그래프(A)에서 보여지는 1500cm^{-1}파장과 3000cm^{-1}파장에서의 피크가 무기 리간드를 갖는 ITO입자의 그래프(B)에서는 줄어들었음을 알 수 있다. 즉, 본 발명의 용액형 ITO에서는 유기 리간드가 무기 리간드로 치환되었음을 확인할 수 있다.

[0050] 종래 myristic acid의 유기 리간드를 갖는 용액형 ITO와 본 발명에 따른 무기 리간드, 즉 I^- 무기 리간드와 BI_3 무기 리간드를 갖는 용액형 ITO를 각각 약 300nm의 두께로 코팅하고 150℃ 조건에서 어닐링을 진행한 후 면저항을 측정하였으며, 이를 아래 표1에 기재하였다.

표 1

[0051]

	유기 ITO	BI_3 ITO	I^- ITO
면저항(kΩ/sq)	측정불가	842.3	375.4

[0052] 표1에서 알 수 있는 바와 같이, 150℃ 조건에서 어닐링을 진행한 후 유기 ITO층은 그 면저항이 너무 높아 측정할 수 없었다. 그러나, 본 발명의 용액형 ITO를 이용한 ITO층은 300~850 kΩ/sq의 면저항이 측정되었다.

[0053] 즉, 플라스틱과 같은 플랙서블 기판을 이용하는 경우, 낮은 공정 온도에서도 작은 면저항을 갖는 ITO층을 형성할 수 있다. 이는 ITO 입자의 유기 리간드가 BI_3 또는 I^-와 같은 무기 리간드로 치환되어 ITO 입자간 거리가 감소하였기 때문이다.

[0054] 도 3은 본 발명에 따른 용액형 ITO가 적용된 액정표시장치용 어레이기판의 개략적인 단면도이다.

[0055] 도 3에 도시된 바와 같이, 기판(101) 상에는 게이트 배선(미도시)이 제 1 방향을 따라 형성되어 있으며, 각 화소영역(P)에는 상기 게이트 배선과 연결된 상기 게이트 전극(112)이 형성되어 있다.

[0056] 상기 게이트 배선과 상기 게이트 전극(112) 상에 무기절연물질로 이루어지는 게이트 절연막(116)이 형성되어 있다. 상기 무기절연물질은 산화실리콘 또는 질화실리콘일 수 있다.

[0057] 상기 게이트 절연막(116) 상에는 순수 비정질 실리콘으로 이루어지는 액티브층(120a)과, 상기 액티브층(120a) 상에 형성되며 상기 액티브층(120a) 중앙을 노출시키고 불순물 비정질 실리콘으로 이루어지는 오믹콘택층(120b)이 형성되어 있다. 상기 액티브층(120a)과 상기 오믹콘택층(120b)은 반도체층(120)을 이룬다.

[0058] 상기 반도체층(120) 상에는 서로 이격하여 상기 액티브층(120a)의 중앙을 노출시키는 소스 전극(132)과 드레인

전극(134)이 형성되어 있다.

[0059] 상기 게이트 전극(112), 상기 게이트 절연막(116), 액티브층(120a)과 상기 오믹콘택층(120b)을 포함하는 상기 반도체층(120), 상기 소스 전극(132) 및 상기 드레인 전극(134)은 박막트랜지스터(Tr)를 이룬다.

[0060] 또한, 상기 게이트 절연막(116) 상에는 제 2 방향을 따라 연장되는 데이터 배선(130)이 상기 게이트 배선(110)과 교차하여 상기 화소영역(P)을 정의하며 형성되고 있다. 상기 데이터 배선(130)은 상기 박막트랜지스터(Tr)의 상기 소스 전극(134)으로부터 연장되어 있다.

[0061] 상기 박막트랜지스터(Tr) 및 상기 데이터 배선(130)을 덮으며 제 1 보호층(140)이 형성되어 있다. 상기 제 1 보호층(140)은 벤조사이클로부텐(BCB) 또는 포토아크릴(photo acryl)과 같은 유기절연물질 또는 산화실리콘 또는 질화실리콘과 같은 무기절연물질로 이루어질 수 있다.

[0062] 상기 제 1 보호층(140) 상에는, 투명 도전성 물질로 이루어지는 상기 공통전극(150)이 형성되어 있다. 상기 공통전극(150)은 상기 다수의 화소영역(P)으로 이루어지는 상기 표시영역 전체를 덮는 판 형태을 갖는다.

[0063] 상기 공통전극(150)을 덮으며 제 2 보호층(160)이 형성되어 있다. 상기 제 2 보호층(160)은 벤조사이클로부텐(BCB) 또는 포토아크릴(photo acryl)과 같은 유기절연물질 또는 산화실리콘 또는 질화실리콘과 같은 무기절연물질로 이루어질 수 있다. 상기 제 2 보호층(160) 및 상기 제 1 보호층(140)에는 상기 박막트랜지스터(Tr)의 상기 드레인 전극(134)을 노출시키는 드레인 콘택홀(162)이 형성되어 있다.

[0064] 상기 제 2 보호층(160) 상에는 투명 도전성 물질로 이루어지는 상기 화소전극(170)이 형성되어 있다. 상기 화소전극(170)은 상기 드레인 콘택홀(162)을 통해 상기 박막트랜지스터(Tr)의 상기 드레인 전극(134)과 연결된다.

[0065] 상기 화소전극(170)은 각 화소영역(P)에 대응하여 판 형태를 가지며 다수의 개구부(172)를 갖는다. 상기 화소전극(170)은 상기 제 2 보호층(160)을 개재한 상태로 상기 공통전극(150)과 중첩되며, 전압 인가에 의해 상기 화소전극(170)과 상기 공통전극(150) 사이에서 프린지 필드를 형성하게 된다. 이러한 어레이 기판을 포함하는 액정표시장치는 프린지 필드 방식 액정표시장치로 칭해진다.

[0066] 전술한 구조의 어레이 기판에 있어서, 상기 공통전극(150)과 상기 화소 전극(170)은 상기 화소전극(170)의 개구부(172)를 제외하고 화소영역을 덮고 있다. 따라서, 상기 공통전극(150)과 상기 화소전극(170)은 투명한 특성을 가져야만 한다.

[0067] 이를 위해, 상기 공통전극(150)과 상기 화소전극(170) 각각은 ITO와 같은 투명 도전성 물질로 이루어지는데, 전술한 바와 같이 종래 스퍼터에 의한 ITO층의 증착은 증착 장비가 고가이고 공정이 복잡하기 때문에, 생산 효율 및 제조 원가 측면에서 단점을 갖는다.

[0068] 또한, 종래 유기 리간드를 갖는 용액형 ITO의 경우 코팅 공정에 의해 ITO층을 형성할 수 있기 때문에 스퍼터를 이용하는 경우에 비해 생산 효율 및 제조 원가 측면에서 유리하나, 높은 소성 온도를 필요로 하기 때문에 플라스틱과 같은 플렉서블 기판 적용에 한계가 있다.

[0069] 그러나, 본 발명에서와 같이 무기 리간드를 갖는 용액형 ITO를 이용하여 상기 공통전극(150)과 상기 화소전극(170)을 형성하는 경우, 코팅 공정에 의해 형성되기 때문에 스터퍼에 의한 방식보다 생산 효율 및 제조 원가 측면에서 장점을 갖는다.

[0070] 또한, 크기가 작은 무기 리간드를 이용하기 때문에, 낮은 소성 온도에서도 종래 유기 리간드를 갖는 용액형 ITO보다 낮은 면저항을 갖는다. 따라서, 플라스틱과 같은 플렉서블 기판 적용이 가능한 장점을 갖는다.

[0071] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 통상의 기술자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

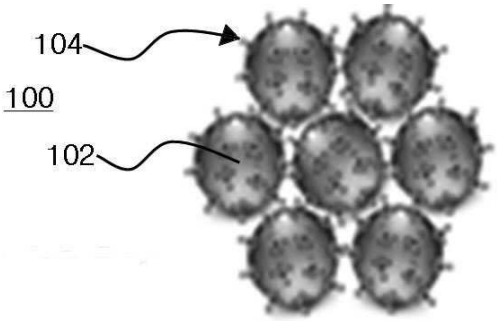
부호의 설명

[0072] 100: 용액형 ITO　　102: ITO 입자

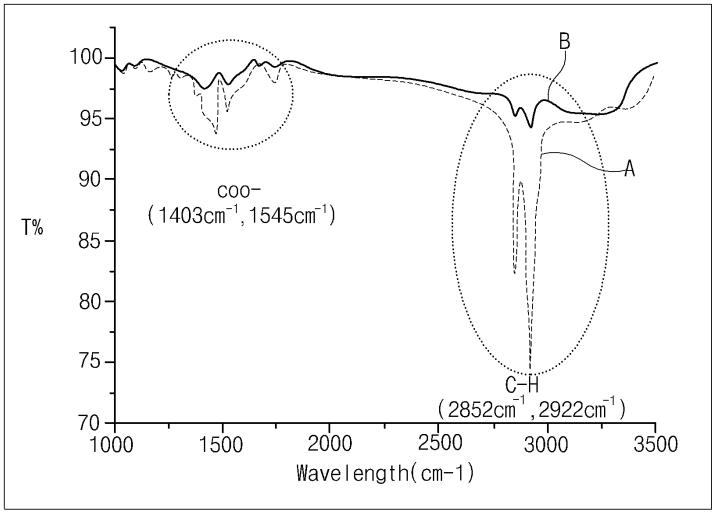
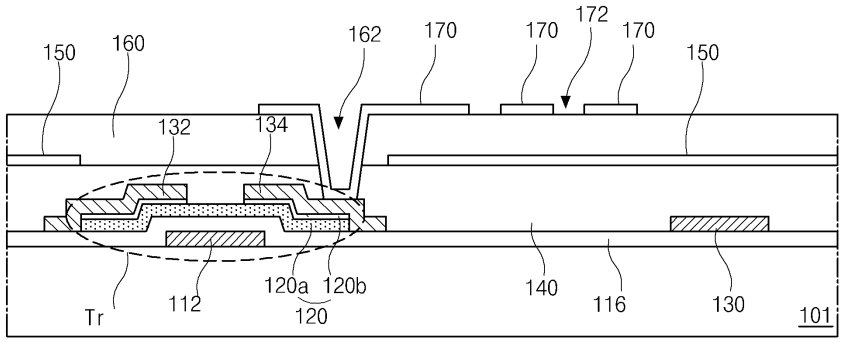
104: 무기 리간드

도면

도면1



도면2



도면3