



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0081876
(43) 공개일자 2012년07월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01B 5/14 (2006.01) H01B 1/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0003248

(22) 출원일자 2011년01월12일

심사청구일자 2011년01월12일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스내 (서천동, 경희대학교)

(72) 발명자

김한기

경기도 수원시 영통구 봉영로 1526, 성지아파트 712동 602호 (영통동)

정진아

경상북도 구미시 경은로 100, 9차 304호 (형곡동, 반석드림파크)

(74) 대리인

서재승

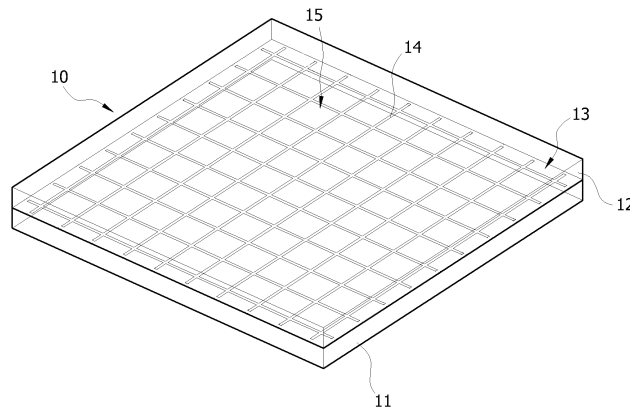
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 투명전극 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 투명 전도성 산화물과 전도도가 우수한 금속선을 결합함으로써 낮은 비저항 및 투과도를 확보할 수 있는 새로운 구조의 투명전극 및 그 제조방법을 제공하기 위한 것이다. 본 발명에 의한 투명전극은, 전도성과 투과성을 갖는 투명 전도성 산화물층, 투명 전도성 산화물층의 일면에 접하여 금속선층을 형성하는 복수의 금속선을 포함하고, 금속선층의 상하면에 투명 전도성 산화물층이 적층된 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는다. 본 발명에 의한 투명전극은 복수의 금속선을 투명 전도성 산화물층 사이에 삽입함으로써, 낮은 저항을 확보할 수 있고, 금속선의 폭, 두께, 배치 간격 조절을 통해 투과도를 확보할 수 있다. 따라서, 금속의 낮은 비저항 특성과 투명 전도성 산화물의 높은 투과도 특성을 동시에 가짐으로써 다양한 전자소자의 투명전극으로 이용될 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	GRRC경희2010-1306
부처명	경기도
연구사업명	경기도 지역협력 연구센터 사업 (GRRC)
연구과제명	고효율 원통형 스퍼터를 이용한 Ga-doped ZnO(GZO)투명 전극 개발
주관기관	경희대학교산학협력단
연구기간	2010.07.01 ~ 2011.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

전도성과 투과성을 갖는 투명 전도성 산화물층; 및

상기 투명 전도성 산화물층의 일면에 접하여 금속선층을 형성하는 복수의 금속선;을 포함하고,

상기 금속선층의 상하면에 상기 투명 전도성 산화물층이 적층된 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 금속선은 일정한 형태의 메시를 형성하는 그물망 구조로 배치되는 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 금속선 중 일부는 제 1 방향으로 배치되고, 나머지 일부는 상기 제 1 방향과 직교하는 제 2 방향으로 배치되는 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 투명 전도성 산화물층은 ITO, IZO, IZTO, ATO, AZO, GZO, FTO, ZTO, ZnO, FZO, IGZO 중에서 선택된 하나 이상의 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 금속선은 Ag, Au, Cu, Al, Pt, Pd, Ni, Cr, Ti, W 중에서 선택된 하나 이상의 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 6

(a) 기판 위에 투명 전도성 산화물 잉크를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 투명 전도성 산화물층을 형성하는 단계;

(b) 상기 투명 전도성 산화물층 위에 금속 잉크를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 복수의 금속선을 인쇄하는 단계; 및

(c) 상기 복수의 금속선으로 이루어진 금속선층 위에 상기 투명 전도성 산화물 잉크를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 투명 전도성 산화물층을 형성하는 단계;를 포함하되,

상기 금속선층의 상하면이 상기 투명 전도성 산화물층으로 덮여 전체적으로 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조가 되도록 상기 투명 전도성 산화물층 및 상기 금속선층을 형성하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 복수의 금속선을 일정한 형태의 메시를 형성하는 그물망 구조로 형성하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 복수의 금속선 중 일부를 제 1 방향으로 형성하고, 나머지 일부를 상기 제 1 방향과 직교하는 제 2 방향으로 배치하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 투명 전도성 산화물층은 ITO, IZO, IZTO, ATO, AZO, GZO, FTO, ZTO, ZnO, FZO, IGZO 중에서 선택된 하나 이상의 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 금속선은 Ag, Au, Cu, Al, Pt, Pd, Ni, Cr, Ti, W 중에서 선택된 하나 이상의 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 11

제 6 항에 있어서,

상기 (c) 단계 이후, 상기 금속선층의 상하면이 상기 투명 전도성 산화물층으로 덮여 전체적으로 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조로 형성된 투명전극을 급속 열처리(rapid thermal annealing: RTA)하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 투명전극에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 투명 전도성 산화물과 금속선을 결합한 새로운 구조의 투명전극 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 디스플레이나 태양전지 등의 전자소자에는 높은 투과율과 낮은 비저항을 갖는 투명전극이 핵심 소재로 사용되고 있다. 투명전극 소재로는 얇은 막 형태로 제조된 투명 전도성 산화물(Transparent Conducting Oxide: TCO)이 대표적이다.

[0003] 투명 전도성 산화물은 가시광선 영역에서의 높은 광학적 투과도(85% 이상)와 낮은 비저항($1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$)을 동시에 갖는 산화물계의 축퇴된(degenerate) 반도체 전극을 총칭하는 것으로, 면저항 크기에 따라 정전기 방지막, 전자파 차폐 등의 기능성 박막과 평판 디스플레이, 태양전지, 터치 패널, 투명 트랜지스터, 플렉시블 광전소자, 투명 광전소자 등의 핵심 전극 재료로 사용되고 있다. 투명 산화물 전극으로 인듐 산화물에 10wt%의 주석산화물이 도핑된 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide, 이하, 'ITO' 한다)이 대표적이다.

[0004] 현재, 평판 디스플레이(LCD, AMOLED, PDP, FED), 태양전지(CIGS, Si-SC, OSC), 터치 패널, 레이저 다이오드(LD), 발광 다이오드(LED) 등 투명 전자소자에 사용되는 투명전극은 고가의 진공 공정(스퍼터링)을 통해 제작된다. 이렇게 진공 공정을 이용하면, 제작 단가가 높아지고, 제작 소요시간이 길어지는 문제가 있다. 따라서, 저가의 전자소자를 구현하기 위해서는 저가형 공정이 필요하며, 상압 기반의 인쇄 공정 기술이 차세대 저가형 공정 기술로 급부상하고 있다.

[0005] 최근 인쇄 공정 기술은 디스플레이, RFID, 메모리, 태양전지, 센서, 투명 트랜지스터 등의 새로운 제품군으로 그 응용 분야가 확대되고 있다. 인쇄 공정으로는 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅, 그라비아 인쇄법, 플렉소, 리소그래피 등이 알려져 있다.

[0006] 이 중에서 잉크젯 프린팅 기술은 30 마이크로 이하의 미세한 잉크 방울을 토출시켜 원하는 위치에 원하는 물질을 패터닝 할 수 있는 방식이다. 잉크젯 프린팅 기술은 기존의 포토리소그래피 공정에 필요한 장비보다 훨씬 적은 수의 장비로 구성되기 때문에 낮은 공정 단가의 특성이 있으며, 코팅, 현상, 세정 공정이 없기 때문에 폐수의 사용량이 적어 환경 친화적 기술로 평가받고 있다. 또한, 대면적 공정이 가능하고, 대량생산이 가능하다는 장점이 있다.

[0007] 잉크젯 프린팅 기술을 이용하여 투명전극을 제작할 경우 공정이 상압에서 이루어지기 때문에, 고가의 진공 장치가 필요 없이 간단한 공정이 가능하다. 특히, 여러 가지 전도성 산화물 잉크를 이용하여 pattern on demand 방식으로 기존의 포토리소 공정없이 direct patterning이 가능하기 때문에, 재료 이용효율을 극대화할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 그러나 아직까지 잉크젯 프린팅으로 제작되는 투명전극은 저항이 매우 높아 디스플레이, 태양전지 등에서 요구하는 낮은 저항 스펙을 못 맞추고 있어 광전소자로의 적용에 한계가 있다.

[0009] 본 발명은 이러한 점을 감안하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 투명 전도성 산화물과 전도도가 우수한 금속선을 결합함으로써 낮은 비저항 및 투과도를 확보할 수 있는 새로운 구조의 투명전극 및 그 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 투명전극은, 전도성과 투과성을 갖는 투명 전도성 산화물층, 상기 투명 전도성 산화물층의 일면에 접하여 금속선층을 형성하는 복수의 금속선을 포함하고, 상기 금속선층의 상하면에 상기 투명 전도성 산화물층이 적층된 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는다.

[0011] 상기 복수의 금속선은 일정한 형태의 메시를 형성하는 그물망 구조로 배치될 수 있다.

[0012] 상기 복수의 금속선 중 일부는 제 1 방향으로 배치되고, 나머지 일부는 상기 제 1 방향과 직교하는 제 2 방향으로 배치될 수 있다.

[0013] 상기 투명 전도성 산화물층은 ITO, IZO, IZTO, ATO, AZO, GZO, FTO, ZTO, ZnO, FZO, IGZO 중에서 선택된 하나 이상의 물질을 포함할 수 있다.

[0014] 상기 금속선은 Ag, Au, Cu, Al, Pt, Pd, Ni, Cr, Ti, W 중에서 선택된 하나 이상의 물질을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 투명전극의 제조방법은, (a) 기판 위에 투명 전도성 산화물 잉크를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 투명 전도성 산화물층을 형성하는 단계, (b) 상기 투명 전도성 산화물층 위에 금속 잉크를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 복수의 금속선을 인쇄하는 단계, (c) 상기 복수의 금속선으로 이루어진 금속선층 위에 상기 투명 전도성 산화물 잉크를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 투명 전도성 산화물층을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 금속선층의 상하면이 상기 투명 전도성 산화물층으로 덮여 전체적으로 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조가 되도록 상기 투명 전도성 산화물층 및 상기 금속선층을 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명에 의한 투명전극의 제조방법은 상기 복수의 금속선을 일정한 형태의 메시를 형성하는 그물망 구조로 형성할 수 있다.

[0017] 본 발명에 의한 투명전극의 제조방법은 상기 복수의 금속선 중 일부를 제 1 방향으로 형성하고, 나머지 일부를 상기 제 1 방향과 직교하는 제 2 방향으로 배치할 수 있다.

[0018] 본 발명에 의한 투명전극의 제조방법은, 상기 (c) 단계 이후, 상기 금속선층의 상하면이 상기 투명 전도성 산화물층으로 덮여 전체적으로 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조로 형성된 투명전극을 급속 열처리(rapid thermal annealing: RTA)하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 의한 투명전극은 복수의 금속선을 투명 전도성 산화물층 사이에 삽입함으로써, 낮은 저항을 확보할 수 있고, 금속선의 폭, 두께, 배치 간격 조절을 통해 투과도를 확보할 수 있다. 따라서, 금속의 낮은 비저항 특성과 투명 전도성 산화물의 높은 투과도 특성을 동시에 가짐으로써 다양한 전자소자의 투명전극으로 이용될 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명에 의한 투명전극은 기존의 고가 진공 공정이 아닌 저가의 프린팅 공정으로 제조가 가능하여, 제조 단가를 낮출 수 있고 제조 시간을 줄일 수 있어 양산에 유리하다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극을 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명에 의한 투명전극의 시험예로 잉크젯 프린팅을 이용하여 제조한 투명전극의 사진이다.
- 도 3은 ITO와 Ag를 이용하여 잉크젯 프린팅 공정으로 제조한 본 발명의 시험예에 의한 투명전극의 금속선의 폭과 금속선 간의 이격 거리 변화에 따른 면저항을 측정하여 나타낸 것이다.
- 도 4는 ITO와 Ag를 이용하여 잉크젯 프린팅 공정으로 제조한 본 발명의 시험예에 의한 투명전극의 금속선의 폭과 금속선 간의 이격 거리 변화에 따른 가시광선 영역에서의 투과도를 측정하여 나타낸 것이다.
- 도 5는 ITO와 Ag를 이용하여 잉크젯 프린팅 공정으로 제조한 본 발명의 시험예에 의한 투명전극의 금속선의 폭과 두께 변화에 따른 면저항을 측정하여 나타낸 것이다.
- 도 6은 ITO와 Ag를 이용하여 잉크젯 프린팅 공정으로 제조한 투명전극의 금속선의 폭과 두께 변화에 따른 가시광선 영역에서의 투과도를 측정하여 나타낸 것이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극을 제조하기 위한 잉크젯 프린팅 공정을 나타낸 것이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극의 제조 과정 중 급속 열처리를 위한 급속 열처리 장치를 나타낸 것이다.
- 도 9는 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극의 제조 과정 중 급속 열처리 공정의 시간에 따른 온도 변화의 일 예를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극 및 그 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.
- [0023] 본 발명을 설명함에 있어서, 도면에 도시된 구성요소의 크기나 형상 등은 설명의 명료성과 편의를 위해 과장되거나 단순화되어 나타날 수 있다. 또한, 본 발명의 구성 및 작용을 고려하여 특별히 정의된 용어들은 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 이러한 용어들은 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [0024] 도 1에 도시된 것과 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극(10)은, 제 1 투명 전도성 산화물층(11), 제 2 투명 전도성 산화물층(12), 제 1 투명 전도성 산화물층(11)과 제 2 투명 전도성 산화물층(12) 사이에 개재되는 금속선층(13)을 포함한다. 금속선층(13)은 복수의 금속선(14)으로 이루어진다.
- [0025] 제 1 투명 전도성 산화물층(11)과 제 2 투명 전도성 산화물층(12)은 전도성과 투과성을 갖는 투명 전도성 산화물(Transparent Conducting Oxide: TCO)로 형성된다. 제 1 투명 전도성 산화물층(11)과 제 2 투명 전도성 산화물층(12)은 투명 전도성 산화물인 ITO, IZO, IZTO, ATO, AZO, GZO, FTO, ZTO, ZnO, FZO, IGZO 중에서 선택된 하나 이상의 물질을 포함할 수 있다.
- [0026] 복수의 금속선(14)은 전도도가 우수한 금속으로 이루어지는 것으로, Ag, Au, Cu, Al, Pt, Pd, Ni, Cr, Ti, W 중에서 선택된 하나 이상의 금속 물질을 포함할 수 있다. 복수의 금속선(14)은 정사각형의 메시(15)를 형성하는 그물망 구조로 배치된다. 이를 위해 복수의 금속선(14) 중 일부는 제 1 방향으로 일정한 간격으로 배치되고, 나머지 일부는 제 1 방향과 직교하는 제 2 방향으로 일정한 간격으로 배치된다.
- [0027] 복수의 금속선(14)의 배치 구조는 도 1에 도시된 것과 같은 격자 배치 구조로 한정되지 않고, 다양하게 변경될 수 있다. 예컨대, 복수의 금속선(14)은 삼각형, 직사각형, 마름모, 벌집 모양 등 다양한 형태의 메시지를 형성하도록 그물망 구조로 배치될 수 있다. 다른 예로, 복수의 금속선(14)은 서로 교차하지 않도록 배치될 수도 있다. 금속선(14)을 완만한 물결 모양으로 만들면 휨 변형시 파손의 위험을 줄일 수 있어 플렉시블 디스플레이 등 다양한 플렉시블 소자에 유리하게 작용할 수 있다.
- [0028] 앞에서는 투명전극(10)이 제 1 투명 전도성 산화물층(11)-금속선층(13)-제 2 투명 전도성 산화물층(12)의 3층 구조를 갖는 것으로 설명하였으나, 본 발명에 의한 투명전극(10)의 구조는 이러한 3층 구조로 한정되지 않는다. 즉, 투명전극(10)은 두 개 이상의 투명 전도 산화물층(11)(12)과 하나 이상의 금속선층(13)을 포함하되, 금속선층(13)의 상하면에 투명 전도 산화물층(11)(12)이 각각 적층된 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 다양한 열

티 스택 구조를 가질 수 있다.

- [0029] 이러한 본 발명에 의한 투명전극(10)은 투명 전도성 산화물층(11)(12)과 금속선층(13)이 혼합되어 우수한 투과성과 전도성을 갖는 박막형 전극으로, 평판 디스플레이, 터치 패널, 태양전지, 센서, TFT 등 다양한 전자소자에 이용될 수 있다.
- [0030] 도 2는 본 발명에 의한 투명전극의 시험예로 잉크젯 프린팅을 이용하여 제조한 투명전극의 사진이다.
- [0031] 시험예에서 제 1 투명 전도성 산화물층(11) 및 제 2 투명 전도성 산화물층(12)은 인듐 산화물에 10wt%의 주석 산화물이 도핑된 인듐 주석 산화물(이하, 'ITO' 한다)로 만들고, 금속선(14)은 Ag로 만들었다. 이들 모두 잉크젯 프린팅을 이용하여 형성한 것으로, 금속선은 제 1 방향과 제 1 방향에 직교하는 제 2 방향을 따라 일정한 간격으로 형성하였다. ITO는 가시광 영역의 빛을 90% 이상 투과시킬 수 있어 매우 투명한 특성을 나타내는 소재로 낮은 비저항($10^{-3} \sim 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$)의 특성을 지니고 있다.
- [0032] 도 3 및 도 4는 ITO와 Ag를 이용하여 잉크젯 프린팅 공정으로 제조한 본 발명의 시험예에 의한 투명전극의 면저항(sheet resistance)과 가시광선 영역(550nm)에서의 투과도(transmittance)를 측정하여 나타낸 것이다. 이러한 시험예에 의한 결과는 금속선의 두께를 $2\mu\text{m}$ 로 일정하게 하고, 금속선의 폭과 금속선 간의 이격 거리를 변경하면서 측정한 것이다. 구체적으로, 금속선의 폭은 $5\mu\text{m}$, $10\mu\text{m}$, $15\mu\text{m}$ 로 변경하였고, 이들 각각의 폭에 대해 금속선 간의 이격 거리를 0.2mm ~ 1.0mm까지 0.2mm씩 증가시켰다.
- [0033] 먼저, 도 3을 보면 금속선의 폭이 클수록 면저항이 작아 전기 전도도가 좋은 것을 알 수 있고, 금속선 간의 이격 거리가 좁을수록 전기 전도도가 좋은 것을 알 수 있다. 그리고 도 4를 보면, 금속선의 폭이 작을수록 투과도가 좋고, 금속선 간의 이격 거리가 길수록 투과도가 좋은 것을 알 수 있다.
- [0034] 한편, 도 5 및 도 6은 ITO와 Ag를 이용하여 잉크젯 프린팅 공정으로 제조한 본 발명의 시험예에 의한 투명전극의 금속선의 폭과 두께 변화에 따른 면저항과 가시광선 영역(550nm)에서의 투과도를 측정하여 나타낸 것이다. 이러한 시험예에 의한 결과는 금속선 간의 이격 거리를 0.4mm로 동일하게 하고, 금속선의 폭을 $5\mu\text{m}$, $10\mu\text{m}$, $15\mu\text{m}$ 로 변경하고, 이들 각각의 폭에 대해 금속선의 두께를 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 까지 $1\mu\text{m}$ 씩 증가시키면서 측정한 결과이다.
- [0035] 먼저, 도 5를 보면 금속선의 폭이 클수록 전기 전도도가 좋은 것을 알 수 있고, 금속선의 두께가 두꺼울수록 전기 전도도가 좋은 것을 알 수 있다. 그리고 도 6을 보면 금속선의 폭이 작을수록 투과도가 좋고, 금속선의 두께는 투과도에 별다른 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.
- [0036] 이와 같이, 금속선의 폭을 크게 하면 면저항이 작아져 전기 전도도가 좋아지나 투과도가 떨어지고, 금속선 간의 이격 거리를 좁게 하면 전기 전도도가 좋아지나 투과도가 떨어지게 된다. 그리고 금속선의 두께를 두껍게 하면 전기 전도도가 좋아지게 된다. 시험예에서 금속선의 두께가 투과도에 별다른 영향을 주지 않는 것으로 나타났으나, 상식적으로 금속선의 두께를 더욱 두껍게 하면 투과도가 떨어질 것을 예상할 수 있다. 따라서, 평판 디스플레이, 터치 패널, 태양전지, 센서, TFT 등 다양한 전자소자에 이용하기 위해서는 금속선의 폭, 두께, 금속선 간의 거리를 적절하게 조절함으로써 사용 목적에 맞도록 전기 전도도와 투과도를 갖는 투명전극을 구현할 수 있다.
- [0037] 이하에서는, 도 7 내지 도 9를 참조하여 잉크젯 프린팅 방식을 이용한 본 발명에 의한 투명전극의 제조방법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0038] 먼저, 도 7의 (a)에 도시된 것과 같이, 프린터 노즐(30)을 이용하여 기판(20) 위에 투명 전도성 산화물 잉크(17)를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 제 1 투명 전도성 산화물층(11)을 형성한다. 다음으로, 도 7의 (b)에 도시된 것과 같이, 프린터 노즐(31)을 이용하여 제 1 투명 전도성 산화물층(11) 위에 금속 잉크(18)를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 복수의 금속선(14)을 형성한다. 다음으로, 도 7의 (c)에 도시된 것과 같이, 프린터 노즐(30)을 이용하여 복수의 금속선(14)으로 이루어진 금속선층(13) 위에 투명 전도성 산화물 잉크(17)를 잉크젯 방식으로 인쇄하여 제 2 투명 전도성 산화물층(12)을 형성한다.
- [0039] 이와 같이, 잉크젯 프린팅 방식을 이용하면 direct patterning이 가능하고, 잉크 방울을 토출시켜 원하는 위치에 패터닝이 가능하여 다른 공법에 비해 재료 사용량을 크게 줄일 수 있다. 또한, 공정 단가를 낮출 수 있고, 대면적 공정이 가능하다.
- [0040] 이렇게 잉크젯 프린팅 방식으로 만들어진 제 1 투명 전도성 산화물층(11)-금속선층(13)-제 2 투명 전도성 산화물층(12)의 구조의 투명전극(10)은 급속 열처리(rapid thermal annealing: RTA) 과정을 거치게 된다. 급속

열처리 과정은 도 8에 도시된 것과 같은 급속 열처리 장치를 통해 수행될 수 있다. 급속 열처리 장치는 단시간에 기관 온도를 올리거나 낮출 수 있고, 열처리 공정 중 분위기 가스를 주입하여 환원 분위기를 유도할 수 있다. 특히, 질소(N_2)나 수소(H)를 함유한 분위기 가스를 열처리 과정 중에 공급하면 질소나 수소가 산소와 결합하여 산화물을 환원시킬 수 있다.

[0041] 급속 열처리 과정을 살펴보면, 먼저 제 1 투명 전도성 산화물층(11)-금속선층(13)-제 2 투명 전도성 산화물층(12)의 구조의 투명전극(10)을 기판(20)에서 박리한 후, 이를 챔버(40) 내의 지지대(41)를 이용하여 챔버(40) 내에 적절히 배치하고 챔버(40)를 밀폐한다. 이때, 펌프(42)를 이용하여 챔버(40) 내의 공기를 제거할 수 있다. 여기에서, 투명전극(10)을 기판(20)에서 박리하지 않고 기판(20)과 함께 챔버(40)에 배치할 수도 있다.

[0042] 다음으로, 챔버(40) 내의 히터(43)를 작동시켜 투명전극(10)을 고온으로 급속 열처리한다. 급속 열처리 공정 중 분위기 가스 공급장치(44)(45)를 통해 챔버(40) 내에 분위기 가스를 공급하면 챔버(40) 내부를 환원 분위기로 만들 수 있다. 히터(43)로는 할로젠 램프 또는 그 밖에 다양한 가열원이 이용될 수 있다. 급속 열처리 시의 가열 온도와 가열 시간은 다양하게 조절될 수 있는데 그 일례가 도 9에 나타나 있다.

[0043] 도 9의 그래프에서 열처리 온도(T_1)는 300℃ 이상의 온도로 바람직하게 400 ~ 700℃의 온도로 할 수 있다. 열처리 온도를 너무 낮게 하면 금속선(14)의 전기적 특성이 향상되지 않게 되고, 열처리 온도를 너무 높게 하면 과도한 에너지를 소모하여 효율적이지 않다. 또한, 열처리 시간(t_2)은 10 ~ 30분으로 할 수 있다. 열처리 시간(t_2)이 너무 짧으면 원하는 열처리 효과를 얻기 힘들고, 열처리 시간(t_2)이 너무 길면 과도한 에너지 소모로 효율적이지 않다. 또한, 원활한 금속 열처리를 위해 열처리 온도(T_1)까지의 승온 시간(t_1)을 30초 ~ 2분 사이로 할 수 있다. 승온 시간(t_1)이 너무 짧으면 히터(45)의 성능을 높여야 하거나 히터(45)에 무리를 줄 수 있고, 승온 시간(t_1)이 너무 길면 산소의 확산을 억제하여 내산화성을 향상시키는 금속 열처리 효과를 얻지 못하게 될 수 있다.

[0044] 이러한 열처리 방법은 하나의 예이며, 투명 전도성 산화물층(11)(12)의 종류, 금속선(14)의 종류 등에 맞춰 열처리 온도나 열처리 시간을 조절할 수 있다. 그리고 본 발명에 의한 투명전극은 상술한 잉크젯 프린팅 방식 이외의 다양한 성막 공정을 통해 제조될 수 있다.

[0045] 상술한 것과 같이, 본 발명에 의한 투명전극은 LCD의 공통 전극 및 Pixel 전극, AMOLED의 Anode 및 투명 cathode 전극, E-ink의 투명전극, 유기태양전지의 Anode, DSSC 투명전극, 터치 패널의 투명전극, 투명 TFT의 Source?Drain?Gate 전극, 인쇄형 광전자소자의 투명전극, 인쇄형 RFID 소자의 전극, 인쇄형 투명 열선소자 등 다양한 전자소자에 이용될 수 있다.

[0046] 또한, 본 발명에 의한 투명전극은 투명 전도성 산화물층이 높은 비저항을 가지고 있더라도 금속선의 결합을 통해 낮은 저항을 확보할 수 있어 광전소자로의 적용이 용이하다.

[0047] 앞에서 설명되고, 도면에 도시된 본 발명의 실시예는, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 발명의 보호범위는 특허청구범위에 기재된 사항에 의해서만 제한되고, 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상을 다양한 형태로 개량 및 변경하는 것이 가능하다. 따라서, 이러한 개량 및 변경은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 될 것이다.

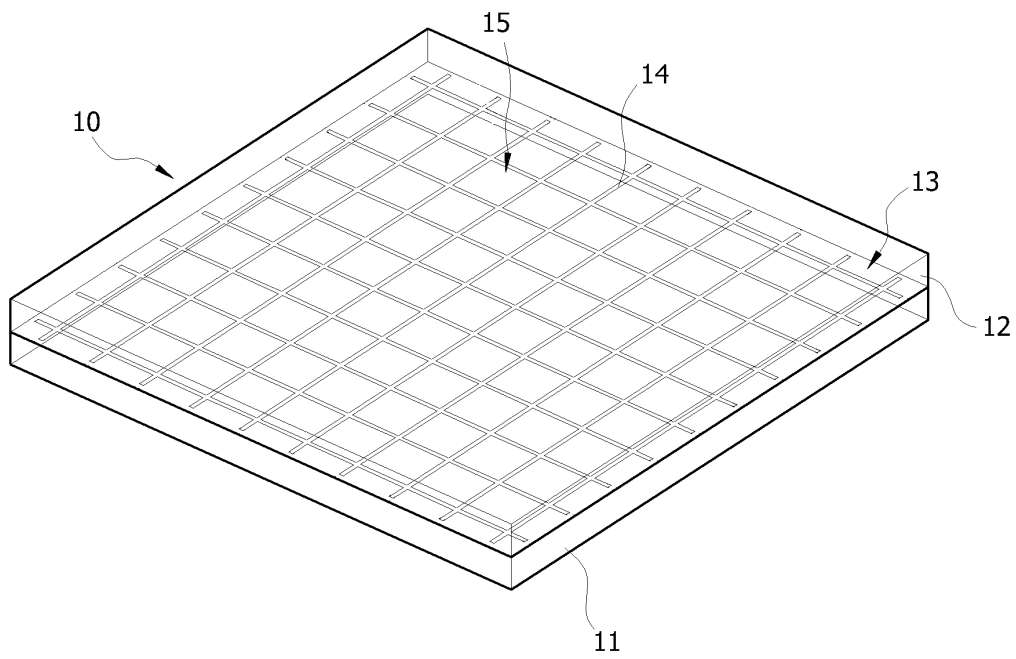
부호의 설명

[0048]

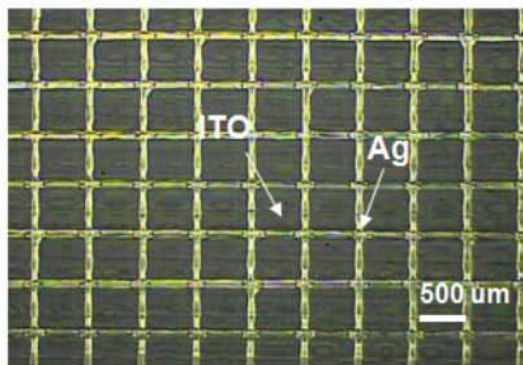
- 10 : 투명전극
- 11, 12 : 제 1, 2 투명 전도성 산화물층
- 13 : 금속선층
- 14 : 금속선
- 15 : 메시
- 17 : 투명 전도성 산화물 잉크
- 18 : 금속 잉크
- 20 : 기판
- 30, 31 : 프린터 노즐
- 40 : 챔버
- 43 : 히터

도면

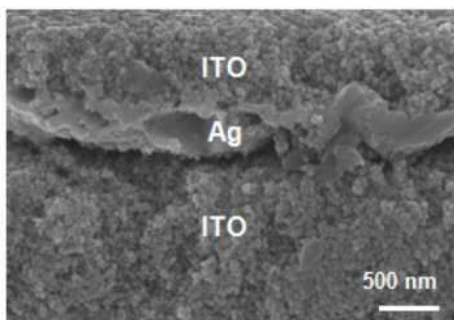
도면1



도면2

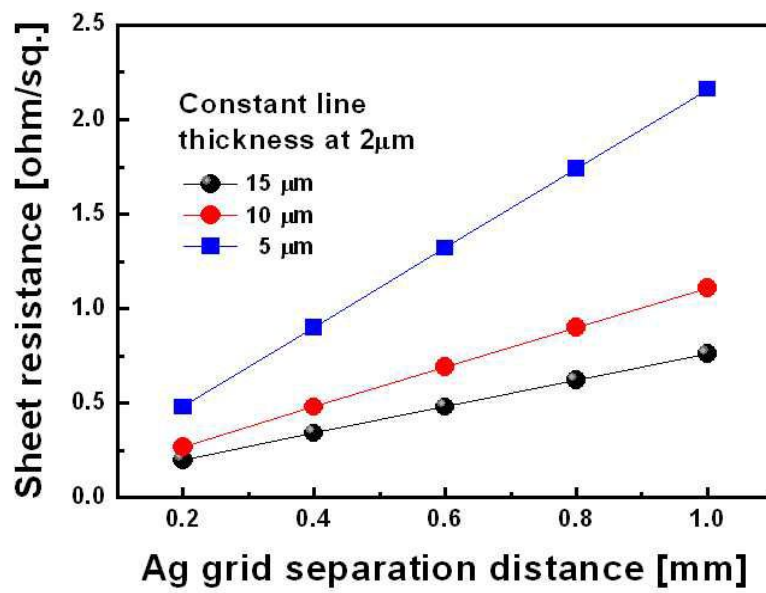


(a)

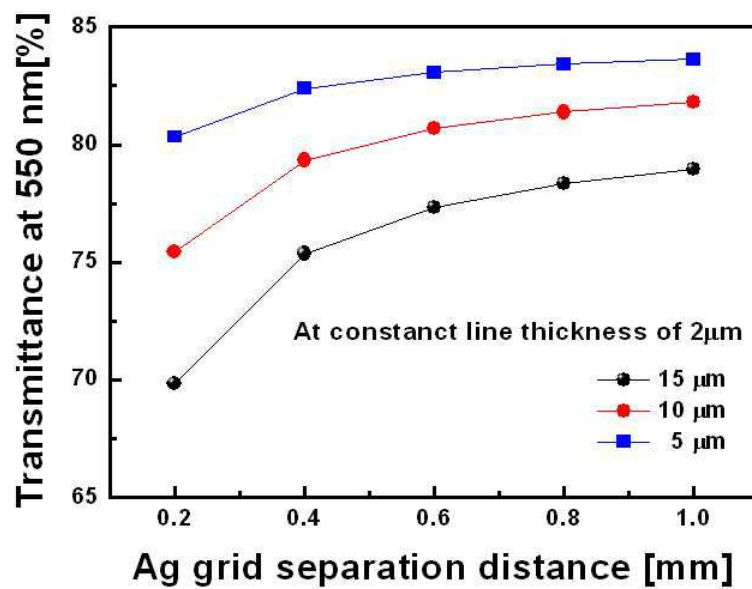


(b)

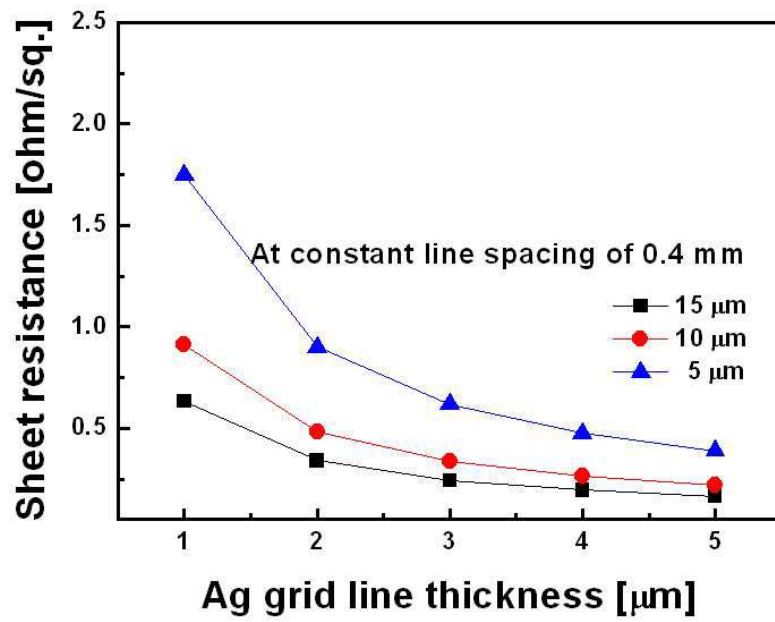
도면3



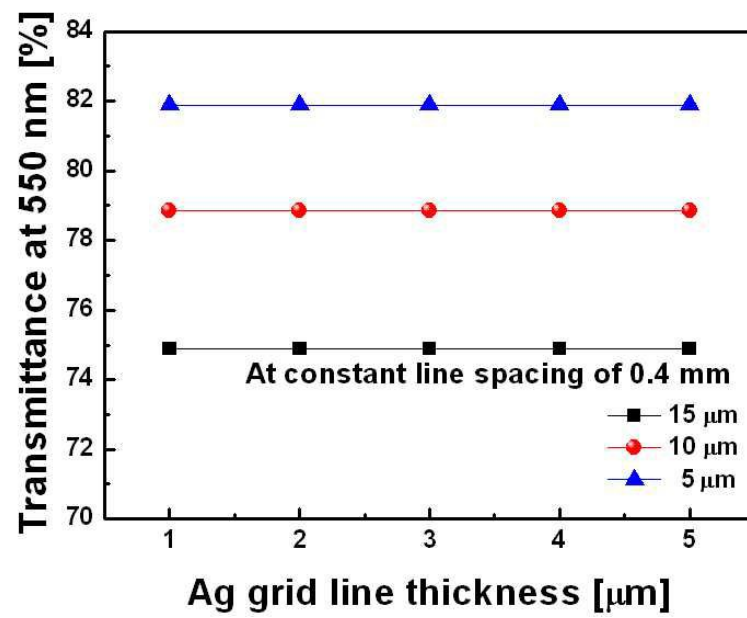
도면4



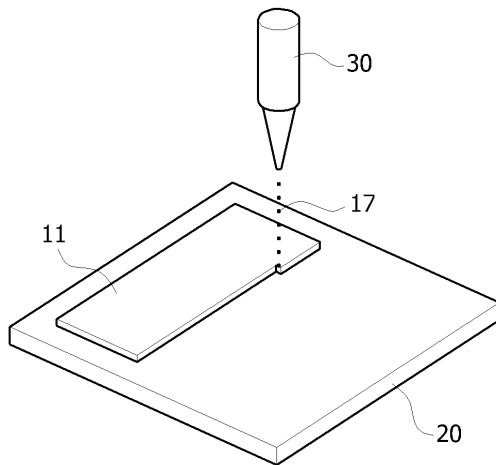
도면5



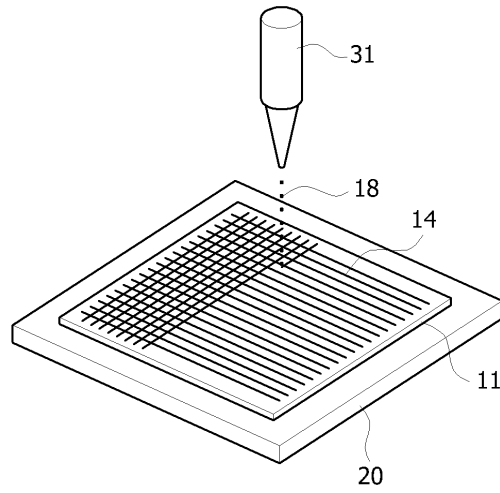
도면6



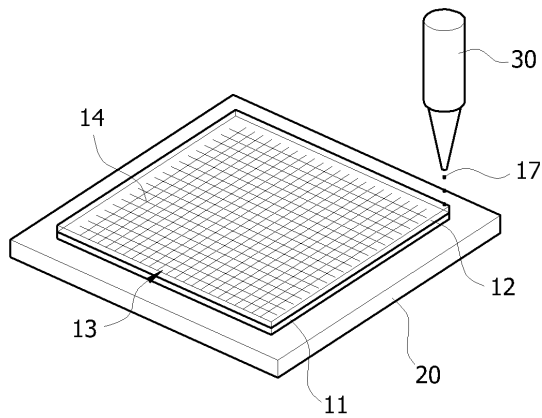
도면7



(a)

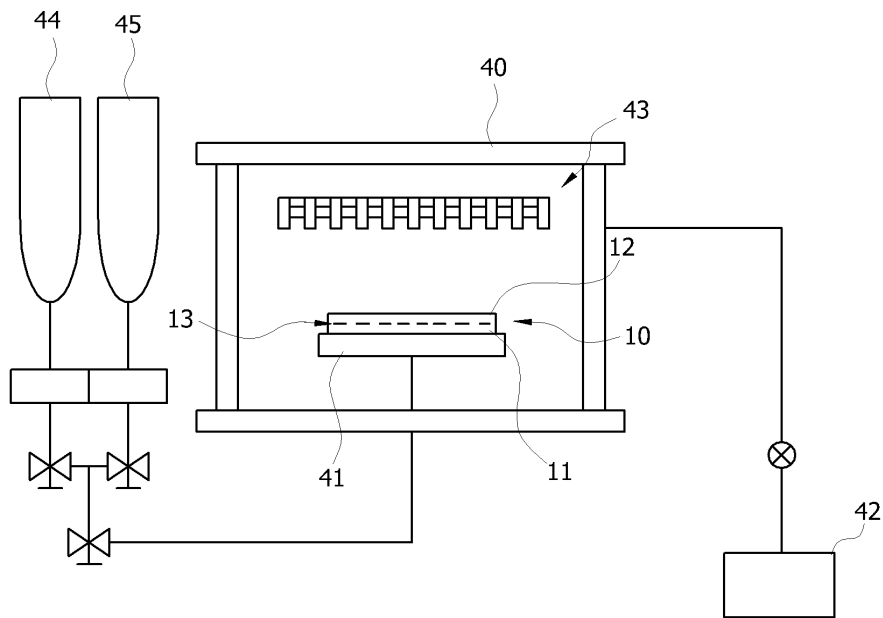


(b)



(c)

도면8



도면9

