

# 광학 색유리 및 투명전극 컬러 판유리 제조 기술



# Agenda

1

기술 이전 개요

2

적용 분야 및 기대효과

3

기술 이전 내용 및 범위

4

특허 및 기술 현황

5

기술 이전 조건

## 투명전극 판유리 기술

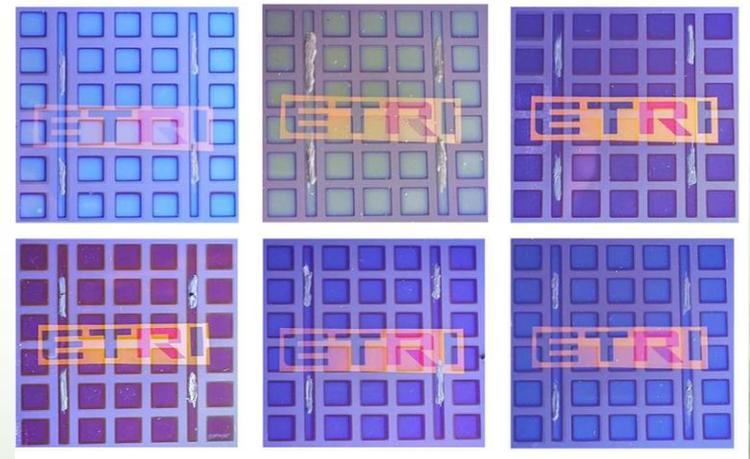
- 현재 디스플레이, 터치 패널, 태양전지, 광 센서 및 스마트 윈도우 등에 활용됨.
- 투명전극: 낮은 면저항과 높은 투과도가 요구되며 소자의 특성을 좌우함.
- 현재의 기술: ITO 혹은 FTO( $\text{SnO}_2\text{:F}$ )를 중심으로 개발되고 있음, 현재 사양은 8 ohm/sq. 이상 (85 % 투과도 @ 550 nm 기준)이며 전량 해외 수입에 의존함.
- 5 ohm/sq. 이하 (85 % 투과도)를 만족하면서 다양한 색 구현이 가능한 투명전극 필요
- 또한, 색이 입혀진 유리 기판이 필요하며 30 x 30 cm<sup>2</sup> 와 10 x 10 cm<sup>2</sup> 개발 필요



투명칼라 유리

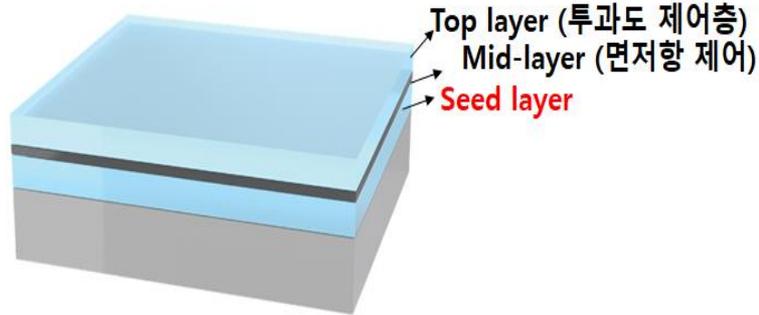


다양한 색상의 실내 가전

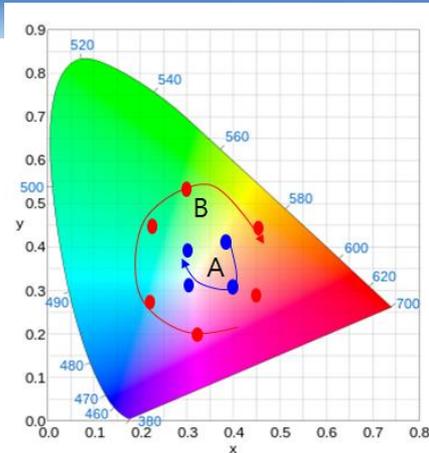


컬러 투명 태양전지

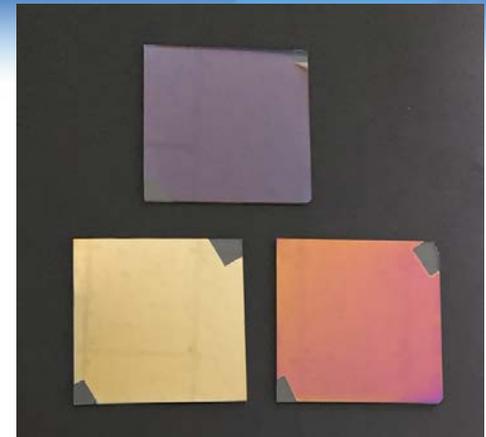
# 기술의 특징 및 장점



< 초박형 다층 투명전극 >



< 색좌표 예측 프로그램 이용한 다양한 색상 구현 >



< 실제 유리에 제조된 다양한 색상: ETRI 보유 기술 >

## 다층 투명전극 기술

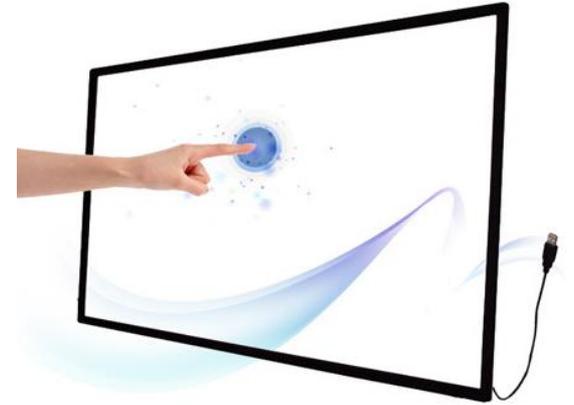
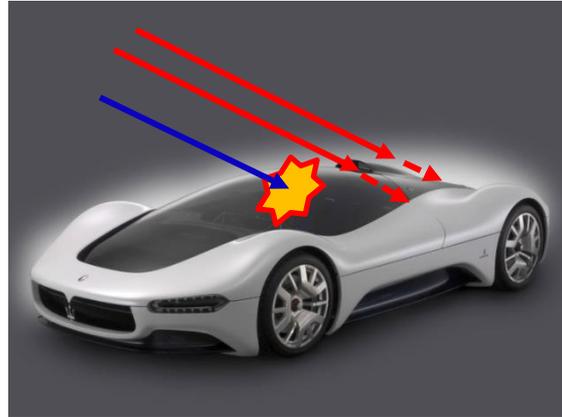
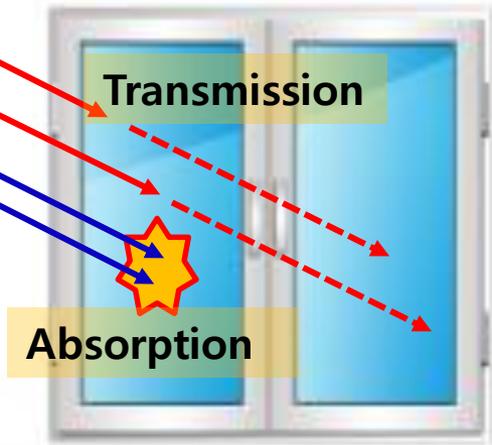
- Seed layer/면저항 제어층/투과도 제어층의 다층 투명전극: 저항과 투과도 독립 제어
- 두께: 80 ~ 1800 nm 정도로 기존의 투명전극에 비하여 매우 얇음.
- 면저항 5 ohm/ sq. 이하 (85 % 투과도 @ 550 nm 기준): 일본 아사히 글라스(8 ohm/ sq.) 시중 판매보다 낮음.
- 적외선이 차단되어 열선 효과를 가지며 상온에서의 제조하여 특성 확보 가능함.
- 투과도 제어층의 광학 두께 제어로 다양한 색상 구현 가능: 8색 이상 구현

# 적용 분야 및 기대효과

# 적용 분야

투명 태양전지용 기판: 건물집적형 및 자동차

중대형 터치 스크린



Window

Car Sunroof

스마트 윈도우: 변색 유리의 투명전극

색 유리 기판 및 가전 활용



ON



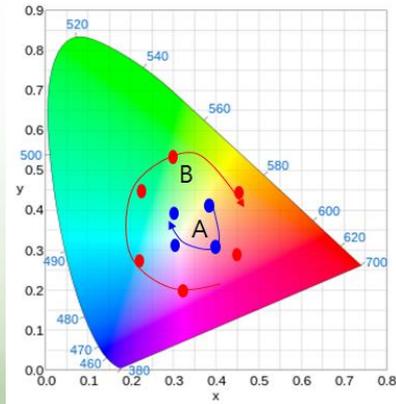
OFF



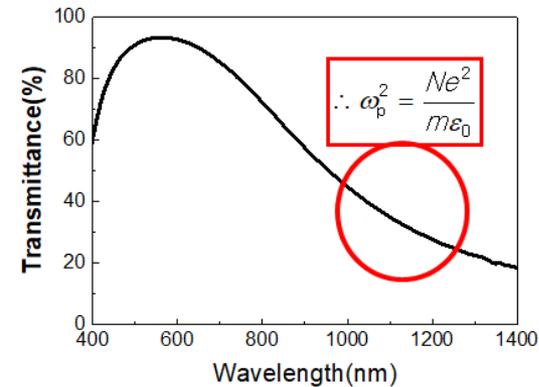
# 기대 효과

기술 성숙도: 5 단계 (확정된 소재/부품 세제품 제작 및 성능 평가)

- 시작품 제작 및 성능 평가 완료, 경제성 고려하지 않고 기술 핵심 성능으로만 보았을 때 목표 성능 만족하는 단계



다양한 색상 예측 및 구현



적외선 차단 특성: 단열 특성

우수한 전기적 특성: 면저항 5 ohm/sq. 이하

# 기술 이전 내용 및 범위

## 1) 내용: 다층 투명전극의 색상 제조 기술 및 내구성 확보

- 구조: 씨앗층, 저항 제어층, 광학 제어층 구성으로 제어층의 두께 및 굴절률 제어 기술
- 저항 제어층과 광학 제어층의 제조 조건의 변화를 통해 색상 예측 및 다양한 색 구현
- 사양 5 ohm/ sq. 이하 (85 % 투과도 @ 550 nm 기준) 만족하는 제조 기술
- 적외선 (800~3,000 nm)의 평균 투과도 5 % 미만
- 상온 제조 기술 및 내열성 (up to 600 °C) 및 내습성(85 5 이상 습도) 확보

## 2) 이전 범위

- 구조, 기능 및 제조 방법에 관한 주요 특허의 실시권
- 8가지 색상 이상의 색 구현 기술 및 예측 기술
- 5 ohm/ sq. 이하를 만족하는 박막 조건 기술
- 8585 test에서 성능 변화 10% 이내 만족하는 내구성 확보
- 다층 박막의 제조 공정 기술

# 특허 및 기술 현황

## 본 기술 관련 출원 특허 현황

관리번호	출원번호	출원일	등록번호	등록일	발명명칭
PR20180447KRa	2019-0037420	2019.03.29			투명전극
PR20190309KR	2019-0076580	2019.06.26			컬러투명 창호형 태양전지 모듈의 이중층을 이용한 양면 색구현 기술
PR20190309US	16/727590	2019.12.26			컬러투명 창호형 태양전지 모듈의 이중층을 이용한 양면 색구현 기술

## 기술 현황

- 현재 FTO 투명전극 판매 증임: 면저항 8 ohm/sq. 정도 (주로 일본 아사히 글라스)
- 현재 전량 해외 수입에 의존하여 국산화 필요: 30\* 30 (cm<sup>2</sup>) 기준 30~50 만원 판매
- 색상 구현 기술은 종래 판매 기술에는 없음.
- 현재 본 기술은 30\* 30 (cm<sup>2</sup>) 기준으로 20~25 만원 판매 예정
- 기술이전 업체인 아이작 리서치에서 코팅 사업으로 판매 예정



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월25일  
(11) 등록번호 10-2219551  
(24) 등록일자 2021년02월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01B 5/14 (2006.01) H01B 13/00 (2006.01)  
H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/032 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01B 5/14 (2020.05)  
H01B 13/0026 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0037420  
(22) 출원일자 2019년03월29일  
심사청구일자 2019년05월17일  
(65) 공개번호 10-2020-0029976  
(43) 공개일자 2020년03월19일  
(30) 우선권주장  
1020180107905 2018년09월10일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR101700286 B1\*  
KR1020100072956 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국전자통신연구원  
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)  
(72) 발명자  
임정욱  
대전광역시 유성구 노은서로 124노은 카운티스 104동 302호  
김가영  
대전광역시 유성구 가정로 270 2동 340호 (가정동, 한국전자통신연구원기숙사)  
윤선진  
대전광역시 유성구 북유성대로 219 102동 1004호 (지족동, 인앤인아파트)  
(74) 대리인  
특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 19 항

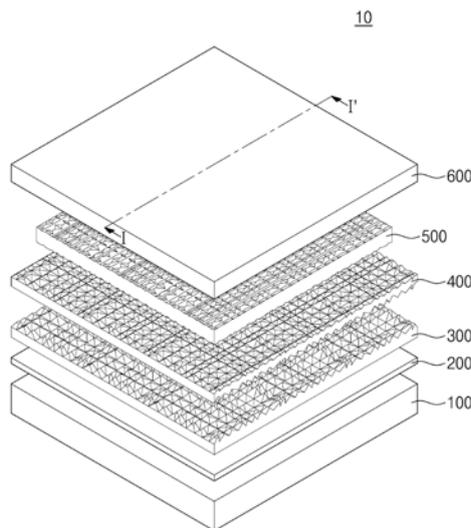
심사관 : 김은경

(54) 발명의 명칭 투명 전극

(57) 요약

기관 상에 제공되는 시드층, 상기 시드층 상에 배치되는 저항 제어층, 및 상기 저항 제어층 상에 배치되는 광학 제어층을 포함하는 투명 전극을 제공하되, 상기 시드층은 제 1 면 및 상기 제 1 면에 대향하여 상기 저항 제어층을 향하는 제 2 면을 갖고, 상기 제 2 면의 표면 거칠기는 상기 제 1 면의 표면 거칠기보다 클 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01L 31/022466* (2013.01)

*H01L 31/032* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20163010012560
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	양면발전 효율 8.5 % 및 투과도 20%를 갖고 다양한 색상 구현이 가능한 박막 실리콘
기반의 완전투광형 투명 태양전지 기술 개발	
기여율	1/1
과제수행기관명	한국전자통신연구원(ETRI)
연구기간	2018.08.01 ~ 2019.05.31
공지에외적용	: 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기판 상에 제공되는 시드층;

상기 시드층 상에 배치되고, 금속 또는 전도성 금속 산화물을 포함하는 저항 제어층; 및

상기 저항 제어층 상에 배치되고, 상기 저항 제어층보다 높은 굴절률을 갖는 광학 제어층을 포함하되,

상기 시드층은 제 1 면 및 상기 제 1 면에 대향하여 상기 저항 제어층을 향하는 제 2 면을 갖고,

상기 제 2 면의 표면 거칠기는 상기 제 1 면의 표면 거칠기보다 크고,

상기 시드층은 타이타늄 산질화물( $TiO_xNy$ )을 포함하되,

상기 화학식에서  $x$ 는 0.2와 같거나 크고 1과 같거나 작은 실수이며,  $Y$ 는 0보다 크고 1과 같거나 작은 실수인 투명 전극.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 시드층의 상기 제 1 면은 실질적으로 평탄(flat)하고,

상기 시드층의 상기 제 2 면은 0.1nm 내지 10nm의 최대높이 거칠기를 갖는 투명 전극.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 저항 제어층은 상기 시드층의 상기 제 2 면의 형상이 전사되도록 상기 시드층의 상기 제 2 면을 콘포말(conformal)하게 덮는 투명 전극.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 시드층을 향하는 상기 저항 제어층의 하면의 표면 거칠기는 상기 저항 제어층의 상면의 거칠기보다 큰 투명 전극.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 저항 제어층의 상면은 실질적으로 평탄한 투명 전극.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 시드층의 두께는 10nm 내지 150nm인 투명 전극.

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 시드층의 상기 제 1 면 상에 제공되는 굴절률 제어층을 더 포함하는 투명 전극.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 굴절률 제어층의 굴절률은 2.0보다 크고 4.0보다 작은 투명 전극.

**청구항 10**

제 8 항에 있어서,

상기 굴절률 제어층은 몰리브데넘 산화물( $\text{MoO}_x$ ), 몰리브데넘 황화물( $\text{MoS}_x$ ), 텅스텐 산화물( $\text{WO}_x$ ), 타이타늄 산화물( $\text{TiO}_x$ ), 타이타늄 질화물( $\text{TiN}$ ), 타이타늄 산질화물( $\text{TiON}$ ) 또는 타이타늄 황화물( $\text{TiS}_x$ )을 포함하는 투명 전극.

**청구항 11**

제 1 항에 있어서,

상기 저항 제어층은 은( $\text{Ag}$ ), 은 산화물( $\text{AgO}_x$ ), 알루미늄( $\text{Al}$ ) 또는 구리( $\text{Cu}$ )를 포함하는 투명 전극.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서,

평면적 관점에서 상기 광학 제어층 및 상기 시드층은 상기 저항 제어층보다 큰 평면 형상을 갖되, 상기 저항 제어층의 전부는 상기 광학 제어층 및 상기 시드층과 오버랩(overlap)되는 투명 전극.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서,

상기 광학 제어층은 상기 저항 제어층의 상면 및 측면을 덮되, 상기 저항 제어층은 상기 시드층 및 상기 광학 제어층에 의해 밀봉되는 투명 전극.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서,

상기 광학 제어층의 굴절률은 1.4 내지 2.5인 투명 전극.

**청구항 15**

제 1 항에 있어서,

상기 광학 제어층은 실리콘 산화물( $\text{SiO}_x$ ), 알루미늄 산화물( $\text{AlO}_x$ ), 타이타늄 산화물( $\text{TiO}_x$ ), 몰리브데넘 산화물( $\text{MoO}_x$ ), 갈륨 도핑 아연 산화물( $\text{ZnO:Ga}$ ), 알루미늄 도핑 아연 산화물( $\text{ZnO:Al}$ ), 붕소 도핑 아연 산화물( $\text{ZnO:B}$ ), 주석 산화물( $\text{SnO}_x$ ) 또는 붕소 도핑 주석 산화물( $\text{FTO}$ )을 포함하는 투명 전극.

**청구항 16**

제 1 항에 있어서,

상기 시드층과 상기 저항 제어층 사이에 게재되는 버퍼층을 더 포함하는 투명 전극.

**청구항 17**

제 16 항에 있어서,

상기 버퍼층은 상기 시드층의 상기 제 2 면의 형상이 전사되도록 상기 시드층의 상기 제 2 면을 콘포말(conformal)하게 덮는 투명 전극.

**청구항 18**

제 16 항에 있어서,

상기 버퍼층의 상면의 표면 거칠기는 상기 시드층의 상기 제 1 면의 표면 거칠기와 같거나 작은 투명 전극.

**청구항 19**

제 16 항에 있어서,

상기 버퍼층은 니켈(Ni), 크롬(Cr), 니켈 크롬(NiCr), 은 질화물(AgN<sub>x</sub>), 은 산화물(AgO<sub>x</sub>), 알루미늄(Al), 알루미늄 산화물(AlO<sub>x</sub>), 타이타늄 질화물(TiN) 또는 타이타늄 산질화물(TiON)을 포함하는 투명 전극.

**청구항 20**

기판 상에 제공되는 굴절률 제어층;

상기 굴절률 제어층 상에 배치되는 시드층;

상기 시드층 상에 배치되고, 금속 또는 전도성 금속 산화물을 포함하는 저항 제어층, 상기 굴절률 제어층은 상기 저항 제어층보다 높은 굴절률을 갖고; 및

상기 저항 제어층 상에 배치되고, 상기 저항 제어층보다 높은 굴절률을 갖는 광학 제어층을 포함하되,

상기 시드층의 상면의 거칠기는 상기 굴절률 제어층의 상면의 거칠기보다 크고,

상기 시드층은 타이타늄 산질화물(TiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>)을 포함하되,

상기 화학식에서 x는 0.2와 같거나 크고 1과 같거나 작은 실수이며, Y는 0보다 크고 1과 같거나 작은 실수인 투명 전극.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 투명 전극에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 투명전극은 전기 전도성과 광투과성을 동시에 갖춘 소재로 형성된다. 첨단 정보기술산업과 신재생 에너지산업이 급부상하면서 투명전극 소재에 관한 관심이 높아지고 있다. 특히, 평판 디스플레이, 태양전지 등과 같이 투명 전극을 사용하는 분야의 산업이 발전함에 따라 얇고 투과도가 크며 전기 전도성이 우수한 투명전극 소재가 요구되고 있다.

[0003] 투명전극 소재로는 얇은 막 형태로 제조된 투명 전도성 산화물(TCO)이 대표적이다. TCO는 면저항 크기에 따라 정전기 방지막, 전자파 차폐 등의 기능성 박막과 평판 디스플레이, 태양전지, 터치패널, 투명 트랜지스터, 플렉시블 광전소자, 투명 광전소자 등의 핵심 전극 재료로 사용되고 있다.

[0004] 현재 투명전극은 디스플레이 터치 패널뿐 아니라 투명 및 유연 전자소자와 태양전지 및 투명 발열체 등에 필수적으로 포함되고 있다. 현재 대부분의 경우, 투명 전극으로 인듐 주석 산화물(ITO)이 사용되고 있으나, 인듐(In)의 가격 문제와 유연성의 부족함 때문에 ITO보다 얇으면서도 저항과 투과도에 있어서 보다 우수한 새로운 투명전극의 개발이 필수적이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 구조적 안정성이 향상된 투명 전극을 제공하는데 있다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 고투과도 및 저저항을 갖는 투명 전극을 제공하는데 있다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 상술한 기술적 과제들을 해결하기 위한 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극은 기판 상에 제공되는 기판 상에 제공되는 시드층, 상기 시드층 상에 배치되는 저항 제어층, 및 상기 저항 제어층 상에 배치되는 광학 제어층을 포함할 수 있다. 상기 시드층은 제 1 면 및 상기 제 1 면에 대하여 상기 저항 제어층을 향하는 제 2 면을 가질 수 있다. 상기 제 2 면의 표면 거칠기는 상기 제 1 면의 표면 거칠기보다 클 수 있다.

[0009] 일 실시예에 따르면, 상기 시드층의 상기 제 1 면은 실질적으로 평탄(flat)할 수 있다. 상기 시드층의 상기 제 2 면은 0.1nm 내지 10nm의 최대높이 거칠기를 가질 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따르면, 상기 저항 제어층은 상기 시드층의 상기 제 2 면을 콘포말(conformal)하게 덮을 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따르면, 상기 시드층을 향하는 상기 저항 제어층의 하면의 표면 거칠기는 상기 저항 제어층의 상면의 거칠기보다 클 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따르면, 상기 저항 제어층의 상면은 실질적으로 평탄할 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따르면, 상기 시드층의 두께는 10nm 내지 150nm일 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 상기 시드층은 타이타늄 산질화물( $TiO_xN_y$ )을 포함할 수 있다. 상기 화학식에서 x는 0.2와 같거나 크고 1과 같거나 작은 실수이며, Y는 0보다 크고 1과 같거나 작은 실수일 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 상기 시드층은 주석 산화물( $SnO_x$ ), 불소 도핑 주석 산화물(FTO), 갈륨 도핑 아연 산화물( $ZnO:Ga$ ), 알루미늄 도핑 아연 산화물( $ZnO:Al$ ), 타이타늄 산화물( $TiO_x$ ), 타이타늄 질화물( $TiN$ ), 몰리브데넘 산화물( $MoO_x$ ) 또는 몰리브데넘 황화물( $MoS_x$ )을 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따르면, 상기 시드층의 상기 제 1 면 상에 제공되는 굴절률 제어층을 더 포함할 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따르면, 상기 굴절률 제어층의 굴절률은 2.0보다 크고 4.0보다 작을 수 있다.

[0018] 일 실시예에 따르면, 상기 굴절률 제어층은 몰리브데넘 산화물( $MoO_x$ ), 몰리브데넘 황화물( $MoS_x$ ), 텅스텐 산화물( $WO_x$ ), 타이타늄 산화물( $TiO_x$ ), 타이타늄 질화물( $TiN$ ), 타이타늄 산질화물( $TiON$ ) 또는 타이타늄 황화물( $TiS_x$ )을 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시예에 따르면, 상기 저항 제어층은 은(Ag), 은 산화물( $AgO_x$ ), 알루미늄(Al) 또는 구리(Cu)를 포함할 수 있다.

[0020] 일 실시예에 따르면, 평면적 관점에서 상기 광학 제어층 및 상기 시드층은 상기 저항 제어층보다 큰 평면 형상을 가질 수 있다. 상기 저항 제어층의 전부는 상기 광학 제어층 및 상기 시드층과 오버랩(overlap)될 수 있다.

[0021] 일 실시예에 따르면, 상기 광학 제어층은 상기 저항 제어층의 상면 및 측면을 덮을 수 있다. 상기 저항 제어층은 상기 시드층 및 상기 광학 제어층에 의해 밀봉될 수 있다.

[0022] 일 실시예에 따르면, 상기 광학 제어층의 굴절률은 1.4 내지 2.5일 수 있다.

[0023] 일 실시예에 따르면, 상기 광학 제어층은 실리콘 산화물( $SiO_x$ ), 알루미늄 산화물( $AlO_x$ ), 타이타늄 산화물( $TiO_x$ ), 몰리브데넘 산화물( $MoO_x$ ), 갈륨 도핑 아연 산화물( $ZnO:Ga$ ), 알루미늄 도핑 아연 산화물( $ZnO:Al$ ), 붕소 도핑 아연 산화물( $ZnO:B$ ), 주석 산화물( $SnO_x$ ) 또는 불소 도핑 주석 산화물(FTO)을 포함할 수 있다.

[0024] 일 실시예에 따르면, 상기 시드층과 상기 저항 제어층 사이에 게재되는 버퍼층을 더 포함할 수 있다.

[0025] 일 실시예에 따르면, 상기 버퍼층은 상기 시드층의 상기 제 2 면을 콘포말(conformal)하게 덮을 수 있다.

[0026] 일 실시예에 따르면, 상기 버퍼층의 상면의 표면 거칠기는 상기 시드층의 상기 제 1 면의 표면 거칠기와 같거나 작을 수 있다.

[0027] 일 실시예에 따르면, 상기 버퍼층은 니켈(Ni), 크롬(Cr), 니켈 크롬(NiCr), 은 질화물(AgN<sub>x</sub>), 은 산화물(AgO<sub>x</sub>), 알루미늄(Al), 알루미늄 산화물(AlO<sub>x</sub>), 타이타늄 질화물(TiN) 또는 타이타늄 산질화물(TiON)을 포함할 수 있다.

[0028] 상술한 기술적 과제들을 해결하기 위한 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극은 기판 상에 제공되는 굴절률 제어층, 상기 굴절률 제어층 상에 배치되는 시드층, 상기 시드층 상에 배치되는 저항 제어층, 및 상기 저항 제어층 상에 배치되는 광학 제어층을 포함할 수 있다. 상기 시드층의 상면의 거칠기는 상기 굴절률 제어층의 상면의 거칠기보다 클 수 있다.

**발명의 효과**

[0029] 본 발명에 따른 투명 전극은 시드층을 이용하여 구조적 안정성이 향상될 수 있다. 더하여, 시드 층에 의해 저항 제어층을 막막 형태로 얇게 형성될 수 있으며, 얇고 광투과도가 높으며 전기적 특성이 향상된 투명 전극이 제공될 수 있다. 또한, 저항 제어층과 시드층의 젖음 특성이 향상됨에 따라, 시드층의 상면 상에 제공되는 저항 제어층의 결정성이 향상될 수 있다. 이에 따라, 저항 제어층의 저항이 낮아질 수 있으며, 투명 전극의 전기적 특성이 향상될 수 있다.

[0030] 더하여, 버퍼층을 이용하여 저항 제어층을 보호할 수 있으며, 안정성이 향상된 투명 전극이 제공될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0031] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극을 설명하기 위한 사시도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극을 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 3 내지 도 5는 도 2의 A영역을 확대 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극을 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극을 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 8 내지 도 11은 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.
- 도 12a는 비교예 1의 젖음 특성을 실험한 사진들이다.
- 도 12b는 실험예 1의 젖음 특성을 실험한 사진들이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0032] 본 발명의 구성 및 효과를 충분히 이해하기 위하여, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 설명한다. 그러나 본 발명은, 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라, 여러 가지 형태로 구현될 수 있고 다양한 변경을 가할 수 있다. 단지, 본 실시예들의 설명을 통해 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다. 당해 기술분야에서 통상의 기술을 가진 자는 본 발명의 개념이 어떤 적합한 환경에서 수행될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0033] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 ‘포함한다(comprises)’ 및/또는 ‘포함하는(comprising)’은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0034] 본 명세서에서 어떤 막(또는 층)이 다른 막(또는 층) 또는 기판상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 막(또는 층) 또는 기판상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 막(또는 층)이 개재될 수도 있다.

[0035] 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제 1, 제 2, 제 3 등의 용어가 다양한 영역, 막들(또는 층들) 등을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 영역, 막들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 소정 영역 또는 막(또는 층)을 다른 영역 또는 막(또는 층)과 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 따라서, 어느 한 실시 예에의 제 1 막질로 언급된 막질이 다른 실시 예에서는 제 2 막질로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시 예는 그것의 상보적인 실시예도 포함한다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

- [0036] 본 발명의 실시예들에서 사용되는 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 통상적으로 알려진 의미로 해석될 수 있다.
- [0038] 이하, 도면들 참조하여 본 발명의 개념에 따른 투명 전극을 설명한다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극을 설명하기 위한 사시도이다. 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극을 설명하기 위한 단면도이다. 도 3 내지 도 5는 도 2의 A영역을 확대 도시한 도면이다. 도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극을 설명하기 위한 단면도이다. 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극을 설명하기 위한 단면도이다. 도 2, 도 6 및 도 7은 도 1의 I-I'선에 따른 단면들에 해당한다.
- [0040] 도 1 및 도 2를 참조하여, 기관(100)이 제공될 수 있다. 기관(100)은 투명 기관을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기관(100)은 유리 기관, 사파이어 기관 또는 투명 고분자 기관을 포함할 수 있다. 투명 고분자 기관은 유연 기관일 수 있다. 투명 고분자 기관은 폴리 이미드(poly imide; PI), 폴리 에틸렌 테레프탈레이트(poly ethylene terephthalate; PET) 또는 폴리 에틸렌 나프탈레이드(poly ethylene Naphthalene; PEN)을 포함할 수 있다. 또는, 기관(100)은 금속 포일(metal foil)과 같은 금속 기관을 포함할 수 있다.
- [0041] 기관(100) 상에 굴절률 제어층(200)이 배치될 수 있다. 굴절률 제어층(200)은 투명할 수 있다. 굴절률 제어층(200)의 두께는 2nm 내지 100nm일 수 있다. 굴절률 제어층(200)은 투명 전극(10)의 투과도를 향상시킬 수 있다. 상세하게는, 굴절률 제어층(200)은 고굴절 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 굴절률 제어층(200)의 굴절률은 2.0보다 크고, 4.0보다 작을 수 있다. 굴절률 제어층(200)은 몰리브데넘 산화물( $\text{MoO}_x$ ), 몰리브데넘 황화물( $\text{MoS}_x$ ), 텅스텐 산화물( $\text{WO}_x$ ), 타이타늄 산화물( $\text{TiO}_x$ ), 타이타늄 질화물( $\text{TiN}$ ), 타이타늄 산질화물( $\text{TiON}$ ) 또는 타이타늄 황화물( $\text{TiS}_x$ )을 포함할 수 있다.
- [0042] 도 1, 도 2 및 도 3을 함께 참조하여, 굴절률 제어층(200) 상에 시드층(300)이 배치될 수 있다. 시드층(300)은 기관(100)을 향하는 하면(300b) 및 하면(300b)에 대항하는 상면(300a)을 가질 수 있다. 시드층(300)의 상면(300a)의 표면 거칠기(surface roughness)는 하면(300b)의 표면 거칠기보다 클 수 있다. 예를 들어, 시드층(300)의 하면(300b)은 실질적으로 평탄(flat)할 수 있고, 시드층(300)의 상면(300a)은 0.1nm 내지 10nm의 최대 높이 거칠기(maximum height roughness,  $R_{\text{max}1}$ )를 가질 수 있다. 여기서, 최대높이 거칠기는 표면의 평균선을 기준으로 표면의 가장 높은 마루와 가장 낮은 마루 사이의 간격을 측정하여 측정될 수 있다. 이때, 표면의 흠(nick or saratch)으로 볼 수 있는 너무 높은 마루 또는 너무 깊은 골은 제외될 수 있다. 시드층(300)의 상면(300a)은, 도 3에 도시된 바와 같이, 톱니 등의 불규칙적인 돌기들(310)을 가질 수 있다. 또는, 시드층(300)의 상면(300a)은, 도 4에 도시된 바와 같이, 육면체 형상의 돌기들(310)을 가질 수 있다. 이와는 또 다르게, 시드층(300)의 상면(300a)은, 도 5에 도시된 바와 같이, 굴곡진 형상을 가질 수 있다. 그러나, 본 발명의 시드층(300)의 상면(300a)의 형상이 이에 한정되는 것은 아니며, 높은 표면 거칠기를 제공할 수 있는 다양한 형상을 가질 수 있다. 이와 같은 거친 표면의 시드층(300)은 굴절률 제어층(200) 상에 예비 시드층의 박막을 형성한 후, 상기 예비 시드층 박막에 식각 공정을 수행하여 형성될 수 있다. 시드층(300)의 두께는 10nm 내지 150nm일 수 있다. 시드층(300)은 타이타늄 산질화물( $\text{TiO}_x\text{N}_y$ )을 포함할 수 있다. 이때, x는 0.2와 같거나 크고, 1과 같거나 작은 실수일 수 있으며, y는 0보다 크고, 1과 같거나 작은 실수일 수 있다. 시드층(300)이 타이타늄 산화물(TiO)만을 포함하는 경우, 시드층(300)의 굴절률이 높을 수 있으나, 시드층(300)의 전도성이 낮을 수 있다. 시드층(300)이 타이타늄 질화물(TiN)만을 포함하는 경우, 시드층(300)의 전도성이 높으나 굴절률이 낮을 수 있다. 본 발명에 따른 시드층(300)은 타이타늄 산질화물( $\text{TiO}_x\text{N}_y$ )을 포함하여, 굴절률 및 전도성이 모두 높을 수 있다. 즉, 본 발명의 투명 전극(10)은 시드층(300)의 제공에 따른 굴절률 및 전도성 저하가 없을 수 있다. 이와는 다르게, 시드층(300)은 주석 산화물( $\text{SnO}_x$ ), 불소 도핑 주석 산화물(FTO), 갈륨 도핑 아연 산화물( $\text{ZnO:Ga}$ ), 알루미늄 도핑 아연 산화물( $\text{ZnO:Al}$ ), 타이타늄 산화물( $\text{TiO}_x$ ), 타이타늄 질화물(TiN), 몰리브데넘 산화물( $\text{MoO}_x$ ) 또는 몰리브데넘 황화물( $\text{MoS}_x$ )을 포함할 수 있다.
- [0043] 도 1 및 도 2에서는 굴절률 제어층(200) 및 시드층(300)이 별개의 구성요소인 것으로 도시하였으나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 도 6에 도시된 바와 같이, 굴절률 제어층(200)과 시드층(300)이 동일한 물질로 구성되는 경우, 시드층(300)은 굴절률 제어층(200)과 연속적인 구성을 가질 수 있고, 굴절률 제어층(200)과 시드층(300) 사이의 경계면(210)은 시각적으로 보이지 않을 수 있다. 즉, 굴절률 제어층(200)과 시드층(300)은 일체로 제공될 수 있다. 이와는 다르게, 시드층(300)이 굴절률 제어층(200)과 상이한 물질로 구성되는 경우, 도 2에 도시된 바와 같이, 굴절률 제어층(200)과 시드층(300) 사이의 경계면은 시각적으로 나타날 수 있다. 이하, 도 2

의 실시예를 기준으로 계속 설명한다.

[0044] 시드층(300) 상에 저항 제어층(500)이 배치될 수 있다. 저항 제어층(500)은 시드층(300)의 상면(300a)을 콘포말(conformal)하게 덮을 수 있다. 이때, 저항 제어층(500)의 상면(500a)은 시드층(300)의 상면(300a)의 형상이 전사될 수 있다. 즉, 저항 제어층(500)의 상면(500a)은 거친 표면일 수 있다. 저항 제어층(500)의 상면(500a)의 표면 거칠기는 시드층(300)의 상면(300a)의 표면 거칠기와 같거나 작을 수 있다. 더하여, 저항 제어층(500)의 상면(500a)의 표면 거칠기는 시드층(300)의 상면(300a)과 접하는(또는, 후술되는 버퍼층(400)의 상면(400a)과 접하는) 저항 제어층(500)의 하면(500b)의 표면 거칠기와 같거나 작을 수 있다. 예를 들어, 저항 제어층(500)의 상면(500a)은 0.1nm 내지 10nm의 최대높이 거칠기(maximum height roughness,  $R_{max3}$ )를 가질 수 있다. 또는, 도 7에 도시된 바와 같이, 저항 제어층(500)의 상면(500a)은 실질적으로 평탄(flat)할 수 있다. 저항 제어층(500)의 평면 형상은 시드층(300)의 평면 형상보다 작을 수 있다. 예를 들어, 평면적 관점에서, 저항 제어층(500)의 전부는 시드층(300)과 오버랩(overlap)될 수 있으며, 시드층(300)은 저항 제어층(500)의 외측으로 돌출될 수 있다. 저항 제어층(500)의 두께는 6 내지 15nm일 수 있다. 저항 제어층(500)은 투명 전극(10)의 면 저항(sheet resistance)을 감소시키기 위하여 제공될 수 있다. 예를 들어, 저항 제어층(500)은 은(Ag), 은 산화물( $AgO_x$ ), 알루미늄(Al) 또는 구리(Cu)를 포함할 수 있다. 시드층(300)의 상면(300a)이 거친 표면을 가짐에 따라, 금속을 포함하는 저항 제어층(500)은 시드층(300)과의 접촉력이 향상될 수 있다. 예를 들어, 저항 제어층(500)의 금속 물질은 시드층(300)의 거친 표면 상에서 젖음(wet) 특성이 향상될 수 있다. 이에 따라, 저항 제어층(500)은 시드층(300)으로부터 박리되지 않을 수 있으며, 구조적 안정성이 향상된 투명 전극(10)이 제공될 수 있다. 또한, 저항 제어층(500)과 시드층(300)의 젖음 특성이 향상됨에 따라, 시드층(300)의 상면(300a) 상에 제공되는 저항 제어층(500)의 결정성(crystallinity)이 향상될 수 있다. 이에 따라, 저항 제어층(500)의 저항이 낮아질 수 있으며, 투명 전극(10)의 전기적 특성이 향상될 수 있다.

[0045] 실시예들에 따르면, 시드층(300)과 저항 제어층(500) 사이에 버퍼층(400)이 배치될 수 있다. 버퍼층(400)은 시드층(300)의 상면(300a)을 콘포말(conformal)하게 덮을 수 있다. 이때, 버퍼층(400)의 상면(400a)은 시드층(300)의 상면(300a)의 형상이 전사되어, 거친 표면을 가질 수 있다. 버퍼층(400)의 상면(400a)의 표면 거칠기는 시드층(300)의 상면(300a)의 표면 거칠기와 같거나 작을 수 있다. 예를 들어, 버퍼층(400)의 상면(400a)은 0.1nm 내지 10nm의 최대높이 거칠기(maximum height roughness,  $R_{max2}$ )를 가질 수 있다. 이에 따라, 금속을 포함하는 저항 제어층(500)과 버퍼층(400) 간의 접촉력이 향상될 수 있다. 버퍼층(400)의 상면(400a)의 표면 거칠기는 시드층(300)의 상면(300a)과 접하는 버퍼층(400)의 하면(400b)의 표면 거칠기와 같거나 작을 수 있다.

[0046] 버퍼층(400)은 저항 제어층(500)의 증착 공정 시, 아일랜드(island)의 형성을 억제하기 위하여 제공될 수 있다. 예를 들어, 금속을 포함하는 저항 제어층(500)을 박막으로 형성하고자 하는 경우, 저항 제어층(500)은 표면 에너지(surface energy)에 의해 아일랜드 형상으로 분산되어 형성될 수 있다. 저항 제어층(500)이 아일랜드 형상으로 형성되는 경우, 저항 제어층(500)의 투과도 및 전기 전도도가 저하될 수 있다. 저항 제어층(500)을 막의 형상으로 형성하기 위하여 두껍게 형성하는 경우, 저항 제어층(500)의 투과도가 저하될 수 있다. 버퍼층(400)은 저항 제어층(500)의 물질이 아일랜드 형상으로 형성되는 것을 방지하며, 저항 제어층(500)이 박막 형태로 형성되도록 할 수 있다. 저항 제어층(500)은 버퍼층(400)에 의하여 얇은 박막 형태로 형성될 수 있으며, 투과도 및 전기 전도도가 높을 수 있다. 이때, 버퍼층(400)은 0.1nm 내지 3.0nm의 두께를 가질 수 있으며, 니켈(Ni), 니켈 크롬(NiCr), 은 질화물( $AgN_x$ ), 은 산화물( $AgO_x$ ) 또는 알루미늄(Al)을 포함할 수 있다.

[0047] 이와 다르게, 버퍼층(400)은 기판(100), 시드층(300) 또는 저항 제어층(500) 간에 구성 물질이 서로 확산되거나, 불순물이 확산되는 것을 방지하기 위하여 제공될 수 있다. 기판(100)이 금속 호일을 포함하는 경우, 기판(100)의 알칼리 금속이 저항 제어층(500)을 향하여 확산될 수 있으며, 이때, 저항 제어층(500)의 전기적 특성이 저하될 수 있다. 또는, 기판(100)이나 외부의 불순물이 각 물질층(일 예로, 저항 제어층(500))으로 확산될 수 있으며, 상기 불순물은 각 물질층의 광 투과도 또는 전기적 특성을 저하시킬 수 있다. 버퍼층(400)은 각 물질층 간의 구설 물질 또는 불순물의 확산을 방지할 수 있으며, 투명 전극(10)의 특성 저하를 방지할 수 있다. 이때, 버퍼층(400)은 0.5nm 내지 5nm의 두께를 가질 수 있으며, 타이타늄 질화물(TiN) 또는 타이타늄 산질화물(TiON), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 니켈 크롬(NiCr) 또는 알루미늄 산화물( $AlO_x$ )을 포함할 수 있다.

[0048] 이와는 또 다르게, 버퍼층(400)은 저항 제어층(500)의 산화를 방지하기 위하여 제공될 수 있다. 기판(100)을 통하여 투명 전극(10) 내부에 산소 또는 수분이 침투하는 경우, 저항 제어층(500)이 산화될 수 있으며, 저항 제어층(500)의 전기적 특성이 저하될 수 있다. 버퍼층(400)은 저항 제어층(500)을 향하는 산소 또는 수분을 차단하

거나, 버퍼층(400)이 우선적으로 산화되어 저항 제어층(500)이 산화되는 것을 방지할 수 있다. 이 경우, 도시하지는 않았으나, 버퍼층(400)은 저항 제어층(500)과 후술하는 광학 제어층(600) 사이에도 제공될 수 있다. 이때, 버퍼층(400)은 1nm 내지 8nm의 두께를 가질 수 있으며, 니켈(Ni), 알루미늄(Al) 또는 은(Ag)과 은 산화물(AgO<sub>x</sub>)의 다중 박막을 포함할 수 있다.

- [0049] 버퍼층(400)은 투명 전극(10)이 요구되는 특성에 따라 상기 세 가지(저항 제어층(500)의 아일랜드 형성 억제, 물질층 간의 확산 방지, 및 저항 제어층(500)의 산화 방지) 중 적어도 하나의 형태로 제공될 수 있으며, 필요에 따라 제공되지 않을 수도 있다.
- [0050] 저항 제어층(500) 상에 광학 제어층(600)이 배치될 수 있다. 광학 제어층(600)은 시드층(300) 상에서 저항 제어층(500)을 덮을 수 있다. 예를 들어, 광학 제어층(600)의 평면 형상은 저항 제어층(500)의 평면 형상보다 클 수 있다. 예를 들어, 평면적 관점에서, 저항 제어층(500)의 전부는 광학 제어층(600)과 오버랩(overlap)될 수 있으며, 광학 제어층(600)은 저항 제어층(500)의 상면(500a) 및 측면을 덮을 수 있다. 즉, 저항 제어층(500)은 시드층(300)(또는 버퍼층(400))과 광학 제어층(600)에 의해 밀봉될 수 있다. 이에 따라, 저항 제어층(500)은 외부의 산소 또는 수분으로부터 보호될 수 있으며, 저항 제어층(500)이 산화되는 것을 방지할 수 있다. 광학 제어층(600)은 투명 전극(10)의 광투과도를 향상시키기 위하여 제공될 수 있다. 예를 들어, 광학 제어층(600)의 굴절률은 1.4 내지 2.5일 수 있다. 광학 제어층(600)은 저항 제어층(500)과의 굴절률 차이를 이용하여 투명 전극(10)의 광투과도를 향상시킬 수 있다. 광학 제어층(600)의 두께는 10nm 내지 150nm일 수 있으며, 실리콘 산화물(SiO<sub>x</sub>), 알루미늄 산화물(AlO<sub>x</sub>), 타이타늄 산화물(TiO<sub>x</sub>), 몰리브데넘 산화물(MoO<sub>x</sub>), 갈륨 도핑 아연 산화물(ZnO:Ga, GZO), 알루미늄 도핑 아연 산화물(ZnO:Al, AZO), 붕소 도핑 아연 산화물(ZnO:B, BZO), 주석 산화물(SnO<sub>x</sub>), 불소 도핑 주석 산화물(SiO<sub>2</sub>:F, FTO)을 포함할 수 있다. 광학 제어층(600)은 투명 전극(10)에 요구되는 광 투과도에 따라, 그 두께 및 굴절률(또는, 구성 물질)이 조절될 수 있다.
- [0051] 상기와 같이 투명 전극(10)이 제공될 수 있다. 본 발명에서 투명 전극(10)은 기판(100) 상에 제공되는 물질층들(굴절률 제어층(200), 시드층(300), 버퍼층(400), 저항 제어층(500) 및 광학 제어층(600))의 두께를 모두 더한 전체 두께가 50nm 내지 200nm일 수 있다.
- [0052] 본 발명에 따른 투명 전극(10)은 시드층(300)을 이용하여 구조적 안정성이 향상될 수 있다. 더하여, 시드층(300)에 의해 저항 제어층(500)을 박막 형태로 얇게 형성될 수 있으며, 얇고 광 투과도가 높으며 전기적 특성이 향상된 투명 전극(10)이 제공될 수 있다.
- [0053] 더하여, 버퍼층(400)을 이용하여 저항 제어층(500)을 보호할 수 있으며, 안정성이 향상된 투명 전극(10)이 제공될 수 있다.
- [0055] 도 8 내지 도 11은 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들로, 도 1의 I-I'선에 따른 단면에 해당한다.
- [0056] 도 8을 참조하여, 기판(100)이 제공될 수 있다. 기판(100)은 투명 기판을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기판(100)은 유리 기판, 사파이어 기판 또는 투명 고분자 기판을 포함할 수 있다. 또는, 기판(100)은 금속 포일(metal foil)과 같은 금속 기판을 포함할 수 있다.
- [0057] 기판(100) 상에 굴절률 제어층(200)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 굴절률 제어층(200)은 화학 기상 증착(CVD) 등과 같은 증착 공정을 통하여 형성될 수 있다. 굴절률 제어층(200)은 2nm 내지 100nm로 형성될 수 있다. 굴절률 제어층(200)은 몰리브데넘 산화물(MoO<sub>x</sub>), 몰리브데넘 황화물(MoS<sub>x</sub>), 텅스텐 산화물(WO<sub>x</sub>), 타이타늄 산화물(TiO<sub>x</sub>), 타이타늄 질화물(TiN), 타이타늄 산질화물(TiON) 또는 타이타늄 황화물(TiS<sub>x</sub>)을 포함할 수 있다.
- [0058] 굴절률 제어층(200) 상에 예비 시드층(320)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 예비 시드층(320)은 화학 기상 증착(CVD) 등과 같은 증착 공정을 통하여 형성될 수 있다. 실시예들에서, 예비 시드층(320)을 형성하는 공정은 굴절률 제어층(200)을 형성하는 공정에 이어 연속적으로 수행될 수 있다. 일 예로, 예비 시드층(320)이 굴절률 제어층(200)과 동일한 물질로 형성되는 경우, 굴절률 제어층(200)을 형성한 후, 동일한 증착 공정을 이용하여 예비 시드층(320)이 형성될 수 있다. 예비 시드층(320)은 10nm 내지 150nm의 두께로 형성될 수 있다. 예비 시드층(320)은 타이타늄 산질화물(TiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>)을 포함할 수 있다. 이때, x는 0.2와 같거나 크고, 1과 같거나 작을 수 있으며, y는 0보다 크고, 1과 같거나 작을 수 있다. 또는 예비 시드층(320)은 주석 산화물(SnO<sub>x</sub>), 불소 도핑 주석 산화물(SiO<sub>2</sub>:F, FTO), 갈륨 도핑 아연 산화물(ZnO:Ga, GZO), 알루미늄 도핑 아연 산화물(ZnO:Al, AZO), 타이타

늄 산화물(TiO<sub>x</sub>), 타이타늄 질화물(TiN), 몰리브데넘 산화물(MoO<sub>x</sub>) 또는 몰리브데넘 황화물(MoS<sub>x</sub>)을 포함할 수 있다.

[0059] 도 9를 참조하여, 예비 시드층(320, 도 8 참조)에 표면 처리 공정이 수행되어 시드층(300)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 예비 시드층(320)의 상면(320a, 도 8 참조)이 습식 식각 공정을 이용하여 식각될 수 있다. 식각액은 질산, 초산, 초산 또는 그들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 습식 식각 공정은 1초 내지 180초 동안 수행될 수 있다. 이와는 다르게, 예비 시드층(320)은 건식 식각 공정을 이용하여 식각될 수 있다. 일 예로, 예비 시드층(320)의 상면(320a) 상에 플라즈마 식각 공정을 수행하여, 예비 시드층(320)의 상면(320a)이 식각될 수 있다. 상기 식각 공정에 의해 예비 시드층(320)의 상면(320a)이 불규칙적으로 식각될 수 있다. 상기와 같이 상면(300a)의 표면 거칠기가 큰 시드층(300)이 형성될 수 있다. 시드층(300)의 상면(300a)의 표면 거칠기는 예비 시드층(320)의 상면(320a)의 상면의 거칠기보다 클 수 있다.

[0060] 이와는 다르게, 예비 시드층(320)의 상면(320a) 상에 마스크 패턴을 형성한 후, 상기 마스크 패턴을 식각 마스크로 식각 공정이 수행될 수 있다. 이 경우, 예비 시드층(320)의 식각률을 용이하게 조절할 수 있다. 마스크 패턴을 이용하여 예비 시드층(320)을 식각하는 경우, 도 4 및 도 5와 같은 시드층(300)이 형성될 수 있다.

[0061] 도 10을 참조하여 시드층(300) 상에 버퍼층(400)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 버퍼층(400)은 화학 기상 증착(CVD) 등과 같은 증착 공정을 통하여 형성될 수 있다. 버퍼층(400)은 0.1nm 내지 10nm의 두께로 형성될 수 있다. 버퍼층(400)의 두께가 얇게 형성됨에 따라, 버퍼층(400)의 상면(400a)은 시드층(300)의 상면(300a)이 전사되어 높은 거칠기를 갖도록 형성될 수 있다. 버퍼층(400)은 필요에 따라 형성되지 않을 수 있다.

[0062] 버퍼층(400) 상에 예비 저항 제어층(510)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 예비 저항 제어층(510)은 화학 기상 증착(CVD) 등과 같은 증착 공정을 통하여 형성될 수 있다. 이때, 버퍼층(400)의 상면(400a)이 거친 표면을 가짐에 따라, 예비 저항 제어층(510)이 박막 형상으로 형성되기 용이할 수 있다. 예를 들어, 예비 저항 제어층(510)은 금속으로 형성될 수 있으며, 상기 금속 물질은 버퍼층(400)의 거친 상면(500a)과 젖음(wet) 특성이 높을 수 있다. 버퍼층(400)과 예비 저항 제어층(510)의 젖음 특성이 향상됨에 따라, 예비 저항 제어층(510)은 버퍼층(400) 상에서 아일랜드(island) 형상이 아닌 박막 형상으로 성장될 수 있으며, 예비 저항 제어층(510)과 버퍼층(400) 간의 접착력이 향상될 수 있다. 또한, 예비 저항 제어층(510)이 박막 형상으로 성장됨에 따라, 예비 저항 제어층(510)의 결정성(crystallinity)이 향상될 수 있다. 예비 저항 제어층(510)은 6nm 내지 15nm의 두께로 형성될 수 있다. 예비 저항 제어층(510)은 은(Ag), 은 산화물(AgO<sub>x</sub>), 알루미늄(Al) 또는 구리(Cu)를 포함할 수 있다.

[0063] 도 11을 참조하여, 예비 저항 제어층(510, 도 10 참조)이 패터닝되어 저항 제어층(500)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 예비 저항 제어층(510) 상에 마스크 패턴을 형성한 후, 상기 마스크 패턴을 식각 마스크로 예비 저항 제어층(510)이 패터닝될 수 있다. 저항 제어층(500)은 평면적으로 시드층(300) 또는 버퍼층(400)보다 작은 면적을 갖도록 형성될 수 있다.

[0064] 저항 제어층(500)은 도 10 및 도 11을 참조하여 설명한 것과 다르게 형성될 수 있다. 예를 들어, 버퍼층(400) 상에 섀도우 마스크(shadow mask)가 형성될 수 있다. 상기 섀도우 마스크는 후에 저항 제어층(500)이 형성되는 영역을 정의하는 패턴을 가질 수 있다. 버퍼층(400) 및 상기 섀도우 마스크 상에 예비 저항층이 형성될 수 있다. 이후, 상기 섀도우 마스크가 제거될 수 있다. 이때, 섀도우 마스크 상에 형성된 상기 예비 저항 제어층의 일부가 함께 제거되어 저항 제어층(500)이 형성될 수 있다.

[0065] 도 2를 다시 참조하여, 저항 제어층(500) 상에 광학 제어층(600)이 형성될 수 있다. 광학 제어층(600)은 화학 기상 증착(CVD) 등과 같은 증착 공정을 통하여 형성될 수 있다. 광학 제어층(600)은 10nm 내지 150nm의 두께로 형성될 수 있다. 광학 제어층(600)은 실리콘 산화물(SiO<sub>x</sub>), 알루미늄 산화물(AlO<sub>x</sub>), 타이타늄 산화물(TiO<sub>x</sub>), 몰리브데넘 산화물(MoO<sub>x</sub>), 갈륨 도핑 아연 산화물(ZnO:Ga), 알루미늄 도핑 아연 산화물(ZnO:Al), 붕소 도핑 아연 산화물(ZnO:B), 주석 산화물(SnO<sub>x</sub>) 또는 붕소 도핑 주석 산화물(FTO)을 포함할 수 있다.

[0066] 상기와 같은 공정을 통해 본 발명의 투명 전극(10)이 제조될 수 있다.

[0068] 본 발명의 실시예들에 따르면, 투명 전극의 각 물질층들은 증착 공정 및 식각 공정의 두 가지 공정을 이용하여 형성될 수 있다. 이에 따라, 투명 전극(10)의 제조 방법이 간소화될 수 있다.

[0070] 비교예 1

[0071] 표면 처리를 수행하지 않은 시드층(즉, 상면이 평탄한 시드층)의 상면 상에 저항 제어층을 형성하는 금속 물질

(은(Ag))을 소량 증착한 후, 시드층의 상면과 금속 물질간의 접촉각을 측정하였다.

[0073] 실험예 1

[0074] 표면처리를 수행한 시드층(즉, 상면이 거친 시드층)의 상면 상에 저항 제어층을 형성하는 금속 물질(은(Ag))을 소량 증착한 후, 시드층의 상면과 금속 물질간의 접촉각을 측정하였다.

[0076] 도 12a는 비교예 1의 젖음 특성을 실험한 사진들이다. 도 12b는 실험예 1의 젖음 특성을 실험한 사진들이다.

[0077] 도 12a 및 도 12b에 도시된 바와 같이, 표면 처리를 한 실험예 1이 표면 처리를 하지 않은 비교예 1에 비하여 시드층의 상면과 금속 물질 간의 접촉각이 작은 것을 알 수 있다. 비교예1의 접촉각과 실험예1의 접촉각의 측정치는 아래의 표 1과 같다.

**표 1**

	접촉각
비교예 1	71.64°
실험예 1	39.14°

[0079] 실험예 1의 금속 물질과 시드층의 상면과의 접촉각은 39.14° 로 비교예 1의 금속 물질과 시드층의 상면과의 접촉각은 71.64° 에 비하여 매우 작은 것을 확인할 수 있다. 즉, 시드층의 표면 처리에 의해, 시드층의 표면과 금속 물질 간의 젖음(wet) 특성이 향상된 것을 확인할 수 있으며, 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극은 시드층과 저항 제어층(또는 버퍼층과 저항 제어층) 간의 접착이 향상될 수 있다.

[0081] 실험예 2

[0082] 타이타늄 산질화물(TiON)을 이용하여 시드층을 형성한 후, 상기 시드층의 상면이 거칠도록 표면처리를 수행하였다. 상기 시드층의 두께는 20nm로 형성하였다. 시드층의 상면 상에 저항 제어층을 증착하였다. 상기 저항 제어층은 은(Ag)을 이용하여 형성하였으며, 10nm 내지 15nm 범위에서 두께 별로 증착하였다. 시드층의 상면 상에 광학 제어층을 형성하였다. 광학 제어층은 GZO(gallium-doped ZnO)를 이용하여 형성하였으며, 50nm의 두께로 증착하였다. 이후, 제조된 적층체의 면저항, 광 투과도 및 성능지수(FOM; figure of merit)를 측정하였다. 광 투과도는 가시광 영역(380nm 내지 780nm의 파장 범위)에서 측정하였다. 성능지수는 면저항 및 광 투과도를 반영한 성능지수로, 아래의 수식을 이용하여 계산하였다.

$$FoM = \frac{188.5}{R_{sh} \left( \frac{1}{\sqrt{T}} - 1 \right)}$$

[0083] 실험예 2의 면저항, 광 투과도 및 성능지수를 측정한 결과는 아래의 표 2와 같다.

**표 2**

시드층의 두께 (nm)	저항 제어층의 두께 (nm)	광학 제어층의 두께 (nm)	면저항 (ohm/sq.)	광 투과도 (%)	성능지수
20	11	50	6.14	80.88	274.27
	12		4.68	80.48	351.17
	13		3.97	78.19	362.73
	14		3.65	75.14	336.17
	15		3.28	73.14	339.47

[0086] 타이타늄 산질화물을 시드층으로 이용한 실험예 2는 평균 면저항이 약 4.34ohm/sq.이고, 평균 광 투과도는 약 78%로 측정되었다.

[0088] 비교예 2

[0089] 실험예 2와 동일하게 정층체를 형성하되, 시드층을 GZO(gallium-doped ZnO)를 이용하여 형성하였다.

[0090] 비교예2의 경우, 면저항이 5.5ohm/sq.로 측정되었으며, 가시광의 광 투과도가 75%로 얻어지기 위하여, 저항 제

어층이 12nm 이하로 얇게 형성되어야 했으며, 이에 따라 면저항이 5 ohm/sq. 내지 6 ohm/sq.로 높게 형성되었다.

[0092] 즉, 기존의 GZO로 시드층을 형성한 비교예 2에 비해 타이타늄 산질화물로 시드층을 형성한 실험예 2의 면저항 및 광 투과도가 향상된 것을 확인할 수 있으며, 본 발명의 실시예들에 따른 투명 전극은 광 투과도 및 면저항이 향상될 수 있다.

[0094] 실험예 3

[0095] 실험예 2와 동일하게 형성하되, 저항 제어층의 두께가 13nm가 되도록 증착하였다. 이후, 실험예 3의 면저항과 광 투과도를 측정하였다. 광 투과도는 가시광 영역(380nm 내지 780nm의 파장 범위)에서 측정하였다.

[0097] 비교예 3

[0098] 실험예 3과 동일하게 형성하되, 시드층을 타이타늄 산화물(TiO<sub>2</sub>)로 형성하였다. 이후, 비교예 3의 면저항과 광 투과도를 측정하였다.

[0100] 비교예 4

[0101] 타이타늄 산질화물(TiON)을 이용하여 시드층을 형성한 후, 상기 시드층의 상면이 거칠도록 표면처리를 수행하였다. 상기 시드층의 두께는 20nm로 형성하였다. 비교예 4의 경우, 광 투과도가 매우 낮아 투명 전극으로 사용하기 위한 유의미한 측정 결과가 수집되지는 않았으나, 실험예 3의 광 투과도 특성 비교를 위하여 상기 시드층의 광 투과도를 측정하였다.

[0103] 실험예 3, 비교예 3 및 비교예 4의 면저항 및 광 투과도를 측정한 결과는 아래의 표 3과 같다.

표 3

	시드층의 물질	저항 제어층의 두께 (nm)	광학 제어층의 두께 (nm)	면저항 (ohm/sq.)	광 투과도 (%)
[0104] 비교예 3	TiO <sub>2</sub>	13	50	8.21	71.50
실험예 3	TiON	13	50	3.97	78.19
비교예 4	TiN	형성하지 않음	형성하지 않음		10.36

[0105] 시드층이 타이타늄 산화물만을 포함하는 비교예 3의 경우, 시드층의 굴절률이 높을 수 있으나, 시드층의 전도성이 낮을 수 있다. 타이타늄 산질화물을 시드층으로 이용한 실험예 3 타이타늄 산화물을 이용하여 시드층을 형성한 비교예 3에 비하여 면저항이 매우 낮게 측정된 것을 확인할 수 있다. 시드층이 타이타늄 질화물만을 포함하는 비교예 4의 경우, 시드층의 전도성이 높으나 굴절률이 낮을 수 있다. 타이타늄 산질화물을 시드층으로 이용한 실험예 3은 타이타늄 질화물을 시드층으로 이용한 비교예 4에 비하여 광투과도가 매우 높게 측정된 것을 확인할 수 있다. 실험예 3은 75% 이상의 고투과도를 유지하면서, 낮은 면저항을 나타내는 것을 확인할 수 있으며, 본 발명에 따른 투명 전극의 시드층은 타이타늄 산질화물을 포함하여, 굴절률 및 전도성이 모두 높을 수 있다.

[0107] 이상, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

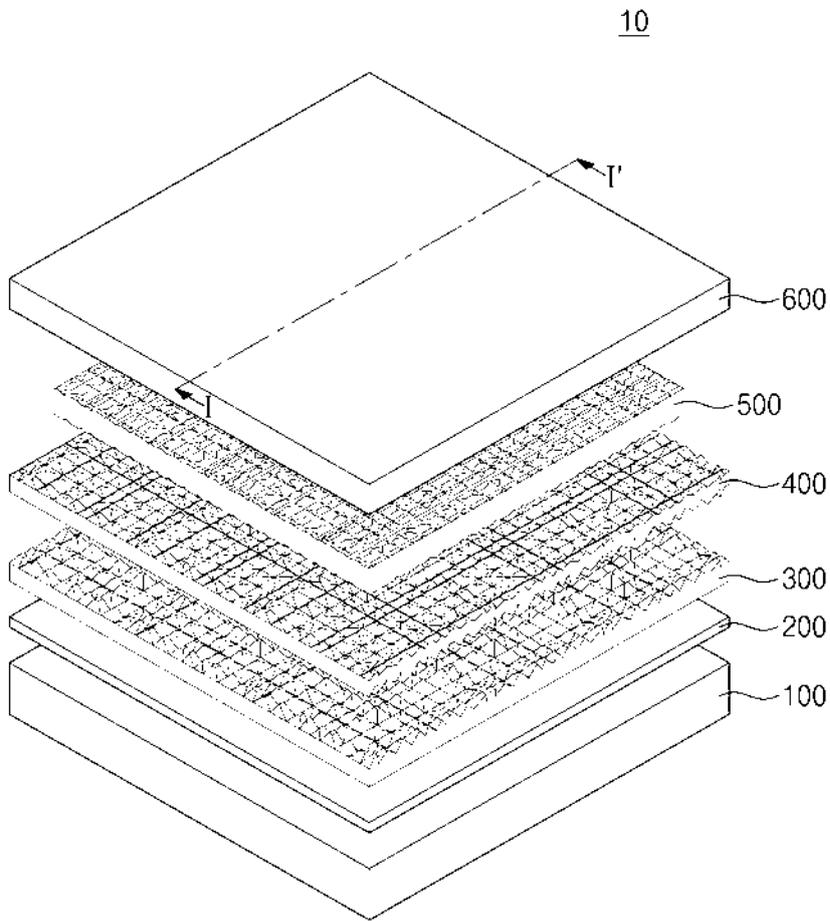
[0109] 본 특허는 산업통상자원부의 에너지기술평가원(KETEP) 과제로 지원된 결과물입니다. [grant number 20163010012560]

부호의 설명

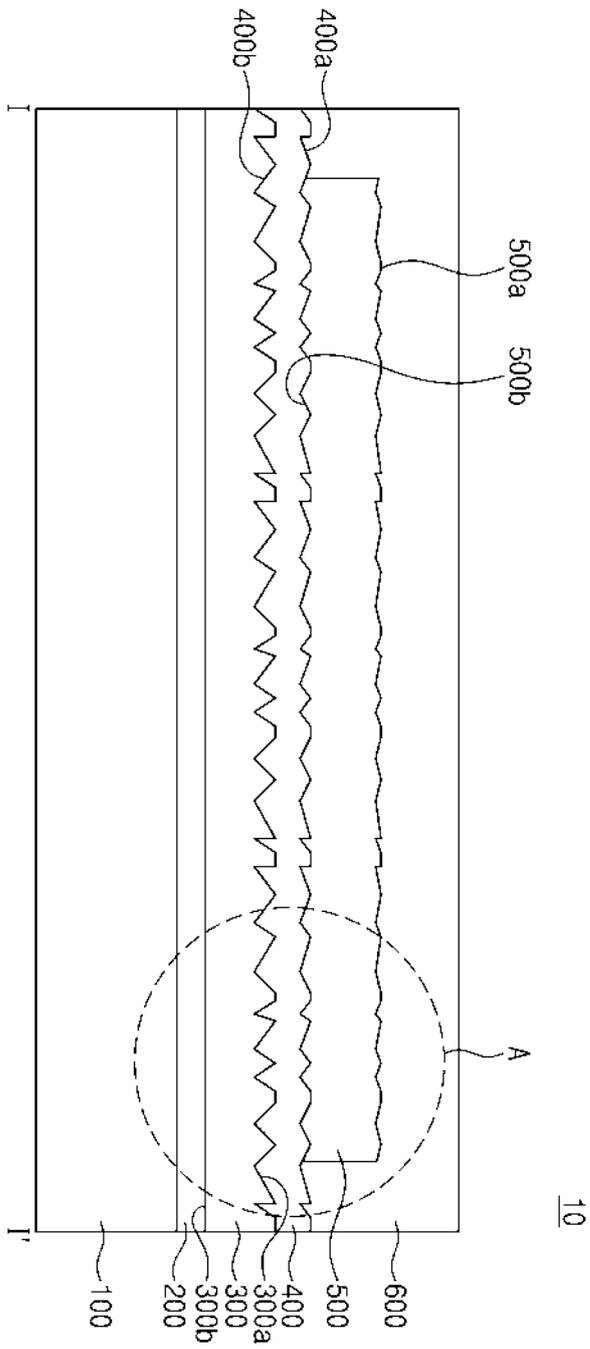
- [0110] 10: 투명 전극
- 100: 기판
- 200: 굴절률 제어층
- 300: 시드층
- 400: 버퍼층
- 500: 저항 제어층
- 600: 광학 제어층

도면

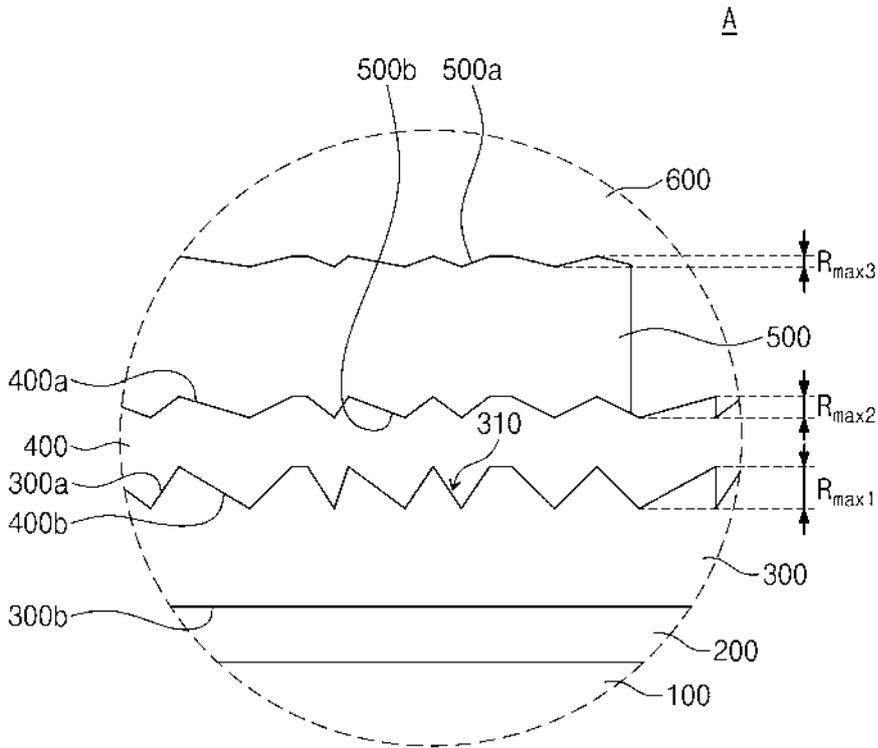
도면1



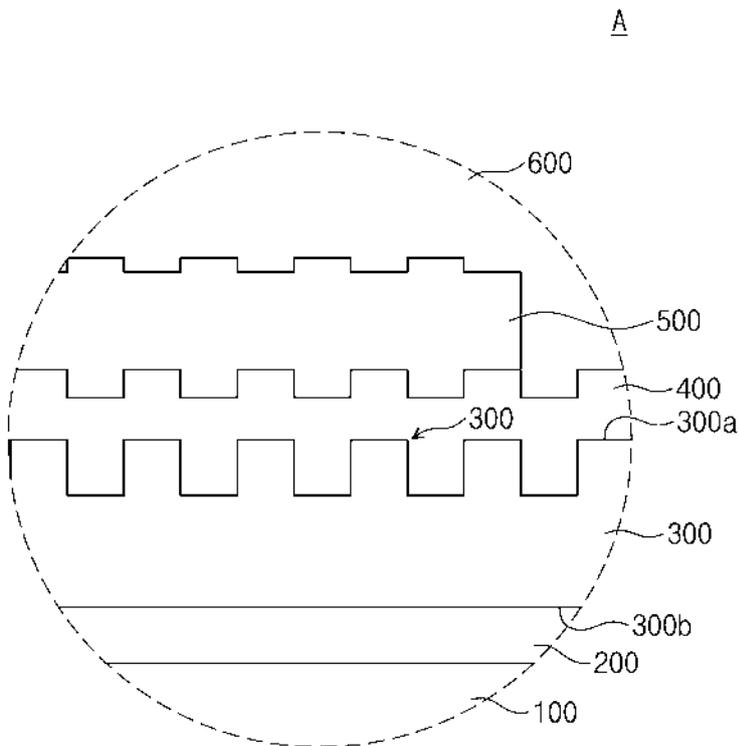
도면2



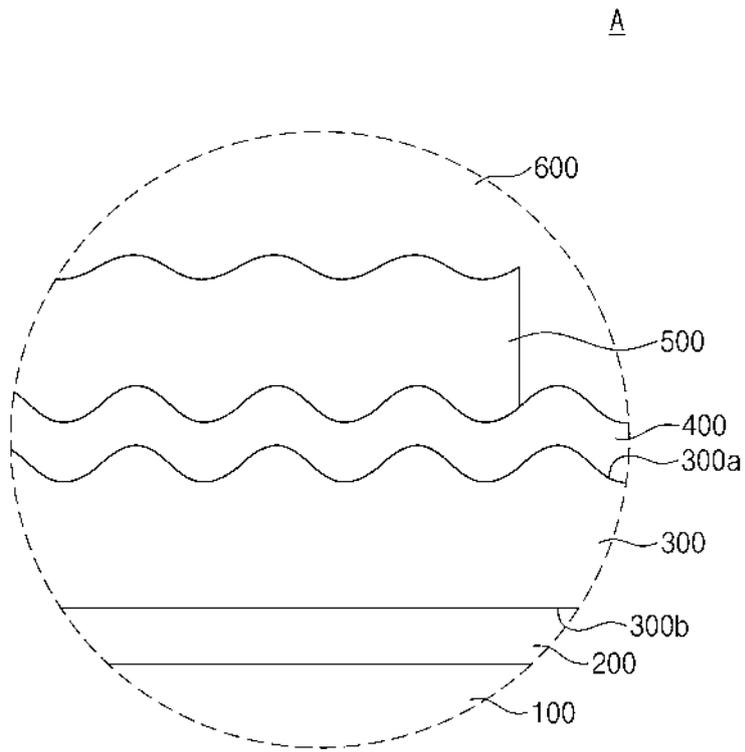
도면3



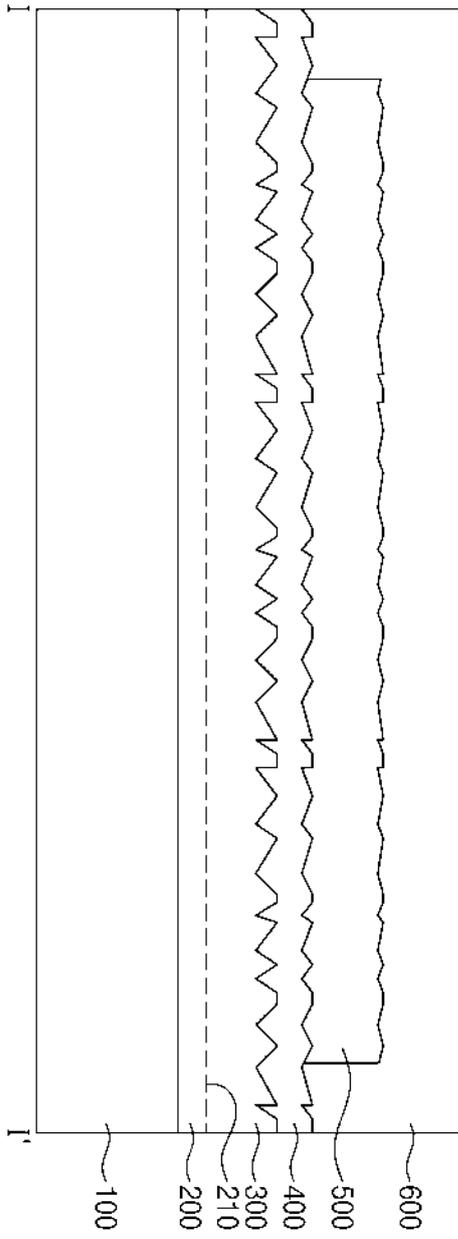
도면4



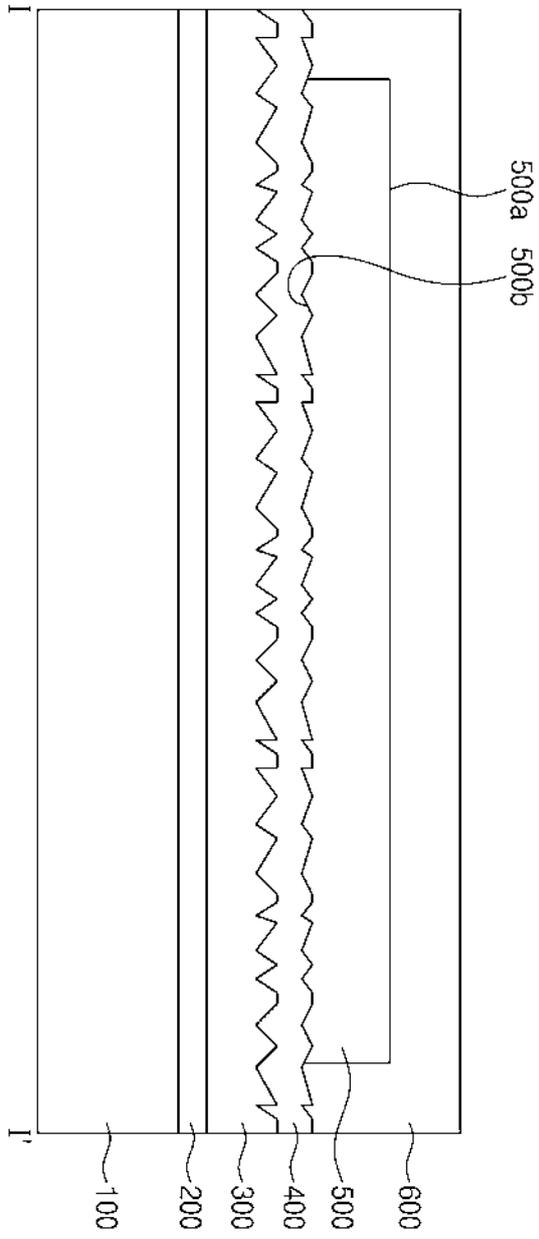
도면5



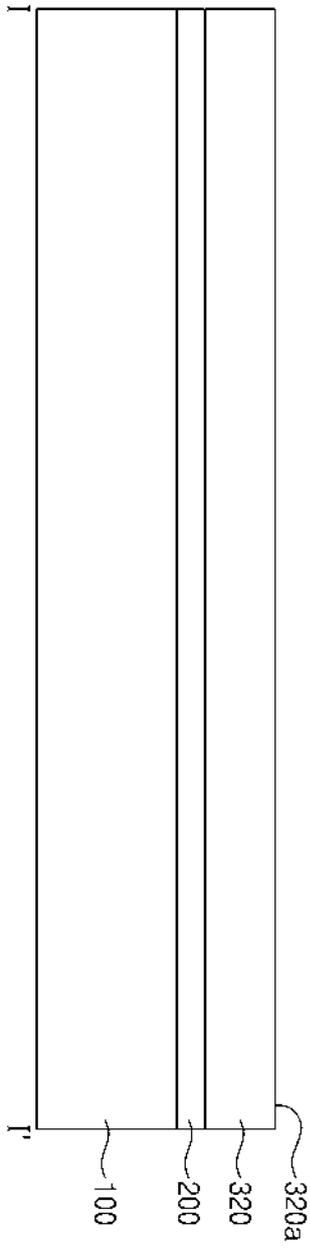
도면6



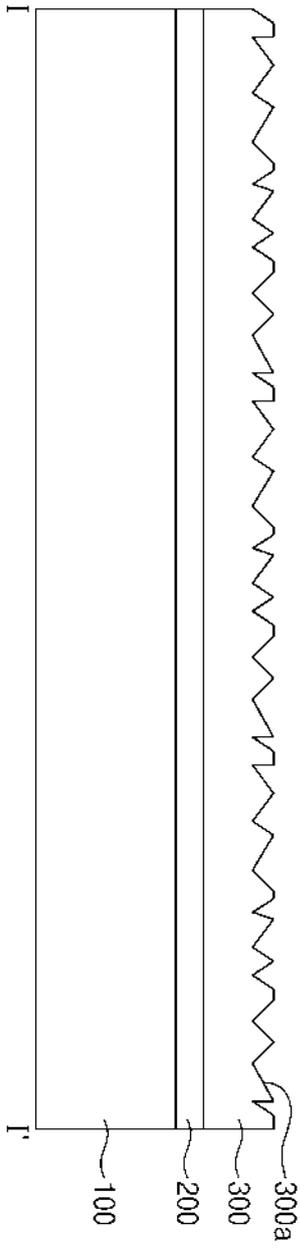
도면7



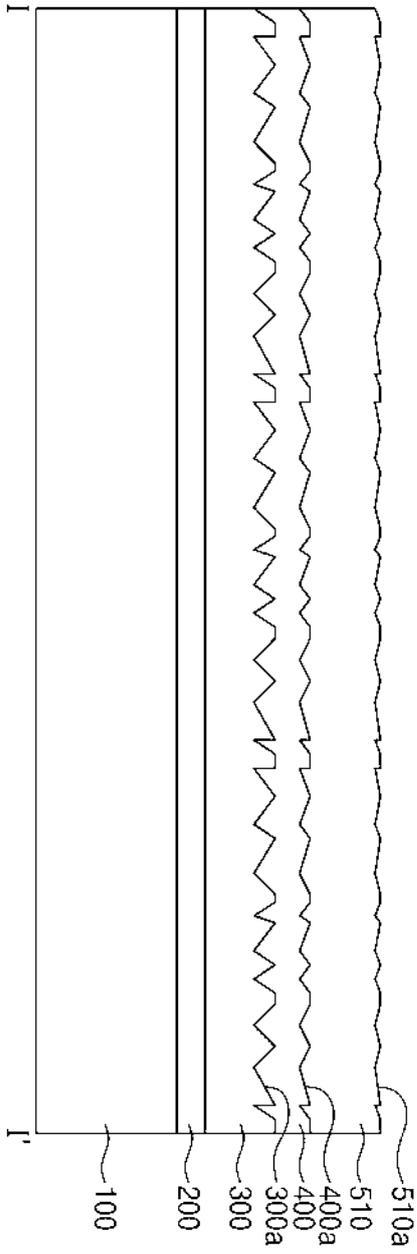
도면8



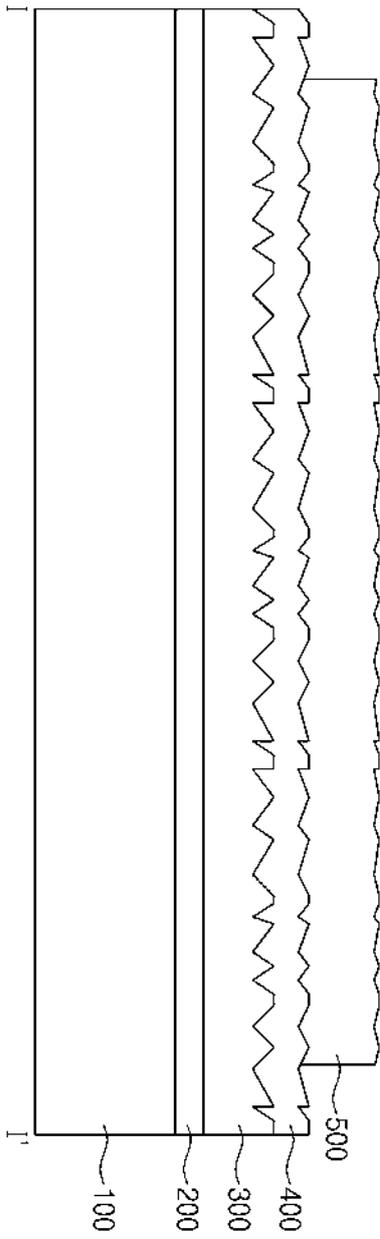
도면9



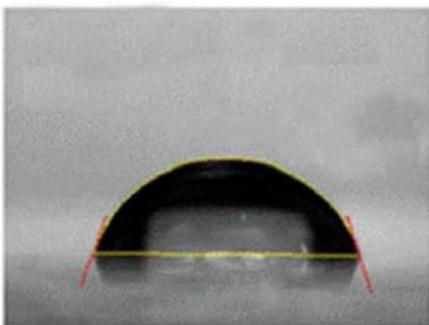
도면10



도면11



도면12a



도면12b

