(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0080930
(43) 공개일자 2012년07월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0002413
(22) 출원일자 2011년01월10일
심사청구일자 2011년01월10일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
김한기
경기도 수원시 영통구 봉영로 1526, 성지아파트 712동 602호 (영통동)
박용석
경상북도 구미시 칠성로2길 15, 원평주공아파트 10-501호 (원평동)
(74) 대리인
서재승

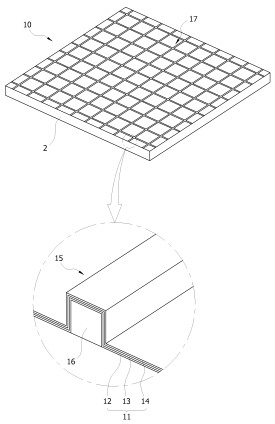
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **투명전극과 이를 이용한 투명 안테나 및 투명전극의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 저저항 다층 구조의 다층 투명 전도막과 금속선을 혼합한 새로운 형태의 투명전극 및 그 제조방법을 제공하는 것이다. 본 발명에 의한 투명전극은, 다층 투명 전도막과 다층 투명 전도막의 일면에 접하는 복수의 금속선을 포함한다. 다층 투명 전도막은 투명 전도성 산화물층 및 투명 전도성 산화물층과 접하는 금속층을 포함하고, 금속층의 상하면에 투명 전도성 산화물층이 적층된 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는다. 본 발명에 의한 투명전극은 저저항 다층 구조의 다층 투명 전도막과 금속선이 혼합된 새로운 형태의 투명전극으로 우수한 투과성과 전도성을 가지므로, 평판 디스플레이, 터치 패널, 태양전지, 센서, TFT 등 다양한 전자소자에 이용될 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

투명 전도성 산화물층 및 상기 투명 전도성 산화물층과 접하는 금속층을 포함하고, 상기 금속층의 상하면에 상기 투명 전도성 산화물층이 적층된 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는 다층 투명 전도막; 및

상기 다층 투명 전도막의 일면에 접하는 복수의 금속선;을 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 다층 투명 전도막은 그 두께가 일정하고, 상기 복수의 금속선을 부분적으로 감쌀 수 있도록 상기 복수의 금속선에 대응하는 부분이 상기 금속선의 두께에 대응하는 높이로 융기된 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 금속층과 상기 금속선은 동일한 금속 물질로 이루어지는 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 금속 물질은 Ag, Au, Cu, Al. Pt, Pd, Cr, Ti, W, Nb, Ta, V, Ca, Fe, Mn, Co, Ni, Zn 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 투명전극.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

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

청구항 6

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 7

투명 기판;

상기 투명 기판 위에 놓이는 복수의 금속선; 및

상기 투명 기판 위에 적층되어 상기 복수의 금속선을 덮고, 투명 전도성 산화물층 및 상기 투명 전도성 산화물층과 접하는 금속층을 포함하되, 상기 금속층의 상하면에 상기 투명 전도성 산화물층이 적층된 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는 다층 투명 전도막;을 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 안테나.

청구항 8

기판 위에 복수의 금속선을 형성하는 단계; 및

상기 복수의 금속선이 형성된 상기 기판 위에 상기 복수의 금속선을 덮도록 다층 투명 전도막을 형성하는 단계;를 포함하고,

상기 다층 투명 전도막을 형성하는 단계는,

상기 복수의 금속선이 형성된 상기 기판 위에 상기 복수의 금속선을 덮도록 투명 전도성 산화물층을 형성하는

단계,

상기 투명 전도성 산화물층 위에 금속층을 형성하는 단계, 및

상기 금속층 위에 투명 전도성 산화물층을 형성하는 단계를 포함하되,

상기 금속층의 상하면에 상기 투명 전도성 산화물층이 배치되어 전체적으로 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조가 되도록 상기 투명 전도성 산화물층 및 상기 금속층을 적층하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 금속선을 형성하는 단계는,

상기 복수의 금속선의 배치 구조에 대응하는 패턴홈을 갖는 패턴 마스크를 상기 기판 위에 배치하는 단계, 및

상기 금속층과 같은 재질의 금속 타겟을 이용한 스퍼터 공정을 통해 상기 금속 타겟의 입자를 상기 패턴홈을 통과시켜 상기 기판 위에 입사시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 금속선을 형성하는 단계는,

상기 기판 위에 포토레지스트층을 형성하는 단계,

상기 복수의 금속선의 배치 구조에 대응하는 패턴을 갖는 포토 마스크를 상기 포토레지스트층 위에 배치하고, 상기 포토 마스크의 패턴에 따라 상기 포토레지스트층을 노광하는 단계,

상기 포토레지스트층을 현상하여 상기 포토레지스트층에 상기 복수의 금속선의 배치 구조에 대응하는 패턴홈을 형성하는 단계,

상기 패턴홈에 상기 금속선을 구성하기 위한 금속 물질을 도포하는 단계, 및

상기 포토레지스트층을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 투명 전도막을 형성하는 각각의 단계는, 상기 투명 전도성 산화물층과 동일한 재질의 산화물 타겟과 상기 금속층과 동일한 재질의 금속 타겟을 이용한 스퍼터 공정을 통해 차례로 수행되는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 스퍼터 공정은,

상기 복수의 금속선이 형성된 상기 기판, 상기 산화물 타겟이 구비된 제 1 스퍼터건, 상기 금속 타겟이 구비된 제 2 스퍼터건을 같은 진공 챔버에 넣고, 상기 제 1 스퍼터건 및 상기 제 2 스퍼터건을 교대로 작동시켜 상기 기판 위에 상기 투명 전도성 산화물층 및 상기 금속층을 차례로 적층하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 기판으로 필름형의 플렉시블 기판을 이용하고,

상기 플렉시블 기판의 이동 경로 중에 상기 금속선과 동일한 재질의 금속 타겟을 갖는 제 1 스퍼터건과 상기 투명 전도 산화물층과 동일한 재질의 산화물 타겟을 갖는 제 2 스퍼터건과 상기 금속층과 동일한 재질의 금속

타겟을 갖는 제 3 스퍼터건과 상기 전도 산하물 타겟을 갖는 제 4 스퍼터건을 차례로 배치하되, 상기 플렉시블 기판과 상기 제 1 스퍼터건 사이에는 상기 복수의 금속선의 배치 구조에 대응하는 패턴홈을 갖는 패턴 마스크를 배치하고,

상기 플렉시블 기판을 이동시키면서 상기 제 1 스퍼터건, 상기 제 2 스퍼터건, 상기 제 3 스퍼터건 및 상기 제 4 스퍼터건을 작동시켜 상기 플렉시블 기판 위에 상기 복수의 금속선, 상기 투명 전도 산화물층, 상기 금속층 및 상기 투명 전도 산화물층을 형성하는 것을 특징으로 하는 투명전극의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 투명전극에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 높은 전도도와 가시광 영역에서의 높은 투과도를 갖는 투명전극과 이를 이용한 투명 안테나 및 투명전극의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 휴대폰은 무선 인터넷 통신망의 발달과 더불어 단순히 통화만을 위한 장비에서 벗어나 GPS, DMB, Wi-Fi등 기존 컴퓨터가 가진 대부분의 역할을 수행하고 있다. 이러한 무선 통신의 수신을 위해서는 각 영역대 별로 많은 안테나가 필요하게 된다.

[0003] 그러나 휴대성을 위해 제한된 크기로 제작되어야만 하는 휴대폰의 특성상 안테나의 설치 공간은 제약적일 수 밖에 없다. 휴대폰용 안테나로 주로 사용되고 있는 금속 안테나는 매우 낮은 저항으로 우수한 특성을 보이며 활용되고 있지만, 불투명하므로 휴대폰의 내부에 많은 공간을 차지하며 설치된다.

[0004] 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 플렉시블 투명전극을 안테나로 활용하는 방법이 제안되고 있다. 플렉시블 투명전극이란 PET, PES, PEN과 같은 플렉시블 기판 상에 상막시킨 높은 전도도와 가시광선 영역에서의 높은 투과도를 가지는 전극 물질을 의미하는 것으로, 유연성을 갖기 때문에 플렉시블 전자기기의 전극으로 응용이 가능하다. 플렉시블 투명전극은 플렉시블 소자용 전극뿐만 아니라, 면저항 크기에 따라 정전기 방지막, 안테나, 광학 필터로도 응용이 가능한 것으로 알려져 있다. 플렉시블 투명전극은 투명하므로 휴대폰의 표면이나 내부 등 공간의 제약 없이 설치가 가능하다.

[0005] 플렉시블 투명전극으로는 주로 투명 전도성 산화물(ITO, IZO 등)이 이용된다. 현재 휴대폰용 안테나로 제작되는 금속 안테나의 경의 1~3 × 10^{-6}Ω?cm의 비저항 값을 가지므로, 플렉시블 투명전극 역시 이에 준하는 비저항 값을 가져야 원활한 수신율을 기대할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 그런데 플렉시블 투명전극의 제조에 이용되는 투명 전도성 산화물은 전도도를 나타내는 비저항 값이 10^{-4}Ω?cm 이하 값을 가질 수 없다. 따라서, 현재 알려진 투명 전도성 산화물로 투명 안테나를 제작할 경우, 기존 금속 안테나와 같은 수신율을 기대하기 어렵다.

[0007] 본 발명은 이러한 점을 감안하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 저저항 다층 구조의 다층 투명 전도막과 금속선을 혼합한 새로운 형태의 투명전극 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 다층 투명 전도막과 금속선을 혼합한 새로운 형태의 평판형 투명전극을 이용함으로써, 원활한 수신율을 갖고 설치에 있어서의 공간적 제약을 크게 줄일 수 있는 투명 안테나를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 투명전극은, 다층 투명 전도막과 상기 다층 투명 전도막의 일면에 접하는 복수의 금속선을 포함한다. 상기 다층 투명 전도막은 투명 전도성 산화물층 및 상기 투명 전도성 산화물층과 접하는 금속층을 포함하고, 상기 금속층의 상하면에 상기 투명 전도성 산화물층이 적층된 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는다.

[0010] 상기 다층 투명 전도막은 그 두께가 일정하고, 상기 복수의 금속선을 부분적으로 감쌀 수 있도록 상기 복수의 금속선에 대응하는 부분이 상기 금속선의 두께에 대응하는 높이로 융기될 수 있다.

[0011] 상기 금속층과 상기 금속선은 동일한 금속 물질로 이루어질 수 있다.

[0012] 상기 금속 물질은 Ag, Au, Cu, Al. Pt, Pd, Cr, Ti, W, Nb, Ta, V, Ca, Fe, Mn, Co, Ni, Zn 중에서 선택될 수 있다.

[0013] 상기 복수의 금속선은 일정한 형태의 메시를 형성하는 그물망 구조로 배치될 수 있다.

[0014] 상기 복수의 금속선 중 일부는 제 1 방향으로 배치되고, 나머지 일부는 상기 제 1 방향과 직교하는 제 2 방향으로 배치될 수 있다.

[0015] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 투명 안테나는, 투명 기판, 상기 투명 기판 위에 놓이는 복수의 금속선, 상기 투명 기판 위에 적층되어 상기 복수의 금속선을 덮는 다층 투명 전도막을 포함한다. 상기 다층 투명 전도막은 투명 전도성 산화물층 및 상기 투명 전도성 산화물층과 접하는 금속층을 포함하되, 상기 금속층의 상하면에 상기 투명 전도성 산화물층이 적층된 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는다.

[0016] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 투명전극의 제조방법은, 기판 위에 복수의 금속선을 형성하는 단계, 상기 복수의 금속선이 형성된 상기 기판 위에 상기 복수의 금속선을 덮도록 다층 투명 전도막을 형성하는 단계를 포함한다. 상기 다층 투명 전도막을 형성하는 단계는, 상기 복수의 금속선이 형성된 상기 기판 위에 상기 복수의 금속선을 덮도록 투명 전도성 산화물층을 형성하는 단계, 상기 투명 전도성 산화물층 위에 금속층을 형성하는 단계, 상기 금속층 위에 투명 전도성 산화물층을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 금속층의 상하면에 상기 투명 전도성 산화물층이 배치되어 전체적으로 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조가 되도록 상기 투명 전도성 산화물층 및 상기 금속층을 적층한다.

[0017] 상기 금속선을 형성하는 단계는, 상기 복수의 금속선의 배치 구조에 대응하는 패턴홈을 갖는 패턴 마스크를 상기 기판 위에 배치하는 단계, 상기 금속층과 같은 재질의 금속 타겟을 이용한 스퍼터 공정을 통해 상기 금속 타겟의 입자를 상기 패턴홈을 통과시켜 상기 기판 위에 입사시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 금속선을 형성하는 단계는, 상기 기판 위에 포토레지스트층을 형성하는 단계, 상기 복수의 금속선의 배치 구조에 대응하는 패턴을 갖는 포토 마스크를 상기 포토레지스트층 위에 배치하고 상기 포토 마스크의 패턴에 따라 상기 포토레지스트층을 노광하는 단계, 상기 포토레지스트층을 현상하여 상기 포토레지스트층에 상기 복수의 금속선의 배치 구조에 대응하는 패턴홈을 형성하는 단계, 상기 패턴홈에 상기 금속선을 구성하기 위한 금속 물질을 도포하는 단계, 상기 포토레지스트층을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 투명 전도막을 형성하는 각각의 단계는, 상기 투명 전도성 산화물층과 동일한 재질의 산화물 타겟과 상기 금속층과 동일한 재질의 금속 타겟을 이용한 스퍼터 공정을 통해 차례로 수행될 수 있다.

[0020] 상기 스퍼터 공정은, 상기 복수의 금속선이 형성된 상기 기판, 상기 산화물 타겟이 구비된 제 1 스퍼터건, 상기 금속 타겟이 구비된 제 2 스퍼터건을 같은 진공 챔버에 넣고, 상기 제 1 스퍼터건 및 상기 제 2 스퍼터건을 교대로 작동시켜 상기 기판 위에 상기 투명 전도성 산화물층 및 상기 금속층을 차례로 적층할 수 있다.

[0021] 본 발명에 의한 투명전극의 제조방법은, 상기 기판으로 필름형의 플렉시블 기판을 이용하고, 상기 플렉시블 기판의 이동 경로 중에 상기 금속선과 동일한 재질의 금속 타겟을 갖는 제 1 스퍼터건과 상기 투명 전도 산화물층과 동일한 재질의 산화물 타겟을 갖는 제 2 스퍼터건과 상기 금속층과 동일한 재질의 금속 타겟을 갖는 제 3 스퍼터건과 상기 전도 산하물 타겟을 갖는 제 4 스퍼터건을 차례로 배치하되, 상기 플렉시블 기판과 상기 제 1 스퍼터건 사이에는 상기 복수의 금속선의 배치 구조에 대응하는 패턴홈을 갖는 패턴 마스크를 배치하고, 상기 플렉시블 기판을 이동시키면서 상기 제 1 스퍼터건, 상기 제 2 스퍼터건, 상기 제 3 스퍼터건 및 상기 제 4 스퍼터건을 작동시켜 상기 플렉시블 기판 위에 상기 복수의 금속선, 상기 투명 전도 산화물층, 상기 금속층 및 상기 투명 전도 산화물층을 형성할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 의한 투명전극은 저저항 다층 구조의 다층 투명 전도막과 금속선이 혼합된 새로운 형태의 투명전극으로 우수한 투과성과 전도성을 가지므로, 평판 디스플레이, 터치 패널, 태양전지, 센서, TFT 등 다양한 전자소자에 이용될 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명에 의한 투명전극은 휴대폰용 안테나, 차량용 안테나, GPS 수신용 안테나, DMB 수신 안테나, 블

루투스 수신용 안테나, Wi-Fi 수신용 안테나 등 전파 수신이 필요한 다양한 장치의 안테나로 이용될 수 있다. 이러한 투명 안테나는 우수한 투명성을 가지고 있어서, 건물용 유리, 차량용 유리, 휴대폰의 윈도우창 등에 삽입 설치될 수 있으며, 설치에 필요한 공간을 줄여 주고, 제품의 미적 효과 및 디자인 자유도를 높여줄 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 투명 기판 위에 형성된 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극을 나타낸 것이다.

도 2는 NTO-Ag-NTO 구조의 다층 박막에 있어서 Ag층의 두께에 따른 면저항 및 비저항 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 3은 NTO-Ag-NTO 구조의 다층 박막에 있어서 Ag층의 두께에 따른 투과율 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 4는 NTO-Cu-NTO 구조의 다층 박막에 있어서 Cu층의 두께에 따른 면저항 및 비저항 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 5는 NTO-Cu-NTO 구조의 다층 박막에 있어서 Cu층의 두께에 따른 투과율 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 6은 본 발명에 의한 투명전극을 제조하기 위한 롤투롤 스퍼터링 장치를 나타낸 것이다.

도 7은 포토리소그래피 공정과 박막 형성 공정을 이용하여 본 발명에 의한 투명전극을 제조하는 과정을 나타낸 것이다.

도 8은 본 발명에 의한 투명전극을 제조하기 위한 스퍼터 장치를 나타낸 것이다.

도 9는 포토리소그래피 공정 및 스퍼터 공정을 이용하여 제조한 본 발명의 시험예에 의한 투명전극의 면저항 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 10은 포토리소그래피 공정 및 스퍼터 공정을 이용하여 제조한 본 발명의 시험예에 의한 투명전극의 투과율 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 11은 상술한 시험예를 통해 제조한 투명전극을 이용한 안테나의 효율을 기존의 구리 안테나와 비교하여 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극과 이를 이용한 투명 안테나 및 투명전극의 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.

[0026] 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.

[0027] 도 1은 투명 기판 위에 형성된 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극을 나타낸 것이다.

[0028] 도 1에 도시된 것과 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 투명전극(10)은 한 쌍의 투명 전도 산화물층(12)(14)과 금속층(13)을 갖는 다층 투명 전도막(11)과 다층 투명 전도막(11)의 일면에 배치되는 복수의 금속선(16)을 포함한다. 다층 투명 전도막(11)은 제 1 투명 전도 산화물층(12)과 제 2 투명 전도 산화물층(14) 사이에 금속층(13)이 개재된 샌드위치 구조로 이루어진다.

[0029] 제 1 투명 전도 산화물층(12) 및 제 2 투명 전도 산화물층(14)은 투명 전도성 산화물(Transparent Conducting Oxide: TCO)로 이루어진다. 투명 전도성 산화물은 가시광선 영역에서의 높은 광학적 투과도(85% 이상)와 낮은 비저항(1×10^{-3} Ω?cm)을 동시에 갖는 산화물계의 축퇴된(degenerate) 반도체 전극이다. 이러한 투명 전도성 산화물로는 ITO, ZnO, SnO_2, TiO_2 등이 있다. 금속층(13)은 Ag, Au, Cu, Al. Pt, Pd, Cr, Ti, W, Nb, Ta, V, Ca, Fe, Mn, Co, Ni, Zn 등의 금속 물질로 이루어진다.

[0030] 본 발명에 의한 투명전극(10)의 다층 투명 전도막(11)과 같은 산화물층-금속층-산화물층 구조의 다층 박막은 최근 고품질 플렉시블 투명전극에 대한 필요성이 대두되면서 투명전극으로 연구되고 있다. 박형 산화물층 사이에 개재된 Ag로 대표되는 금속층은 특정 두께에서 그 상하부의 산화물층과 antireflection 효과를 일으켜

광투과도를 높여준다. 예컨대, 10 ~ 15nm 두께의 Ag층이 삽입된 다층 박막은 단층 박막보다 높은 광투과도를 나타낸다. 또한, 이러한 다층 박막은 비저항이 낮은 금속층을 삽입하였기 때문에 금속층의 두께를 적절히 조절하면 광투과성과 상온에서도 금속에 버금가는 면저항과 비저항을 가진 투명전극으로 이용될 수 있다.

[0031] 본 출원인은 ITO-Ag-ITO, ITO-Cu-ITO, AZO-Ag-AZO, GZO-Ag-GZO, IZO-Ag-IZO, IZTO-Ag-IZTO, NTO-Ag-NTO, NTO-Cu-NTO 등 다양한 다층 박막을 제작하고, 이들 다층 박막의 투명전극으로의 적용 가능성을 확인한 바 있다.

[0032] 일 예로, 도 2 및 도 3은 NTO-Ag-NTO 구조의 다층 박막에 있어 Ag층의 두께에 따른 면저항(sheet resistance) 및 비저항(resistivity) 측정 결과, 투과율(transmittance) 측정 결과를 나타낸 것이다. 여기에서, NTO층은 6wt%의 Nb_2O_5가 도핑된 TiO_2 타겟을 이용한 스퍼터 공정을 통해 유리 기판 위에 30nm 두께로 형성한 것이고, Ag층 역시 스퍼터 공정을 통해 NTO층 위에 형성한 것이다. 또한, 도 4 및 도 5는 Ag 대신 Cu를 이용한 NTO-Cu-NTO 구조의 다층 박막에 있어 Cu층의 두께에 따른 면저항 및 비저항 측정 결과, 투과율 측정 결과를 나타낸 것이다.

[0033] 이들 결과를 살펴보면, 금속층의 두께를 적절히 조절하면 다양한 광전소자에 적용할 수 있을 정도의 면저항, 비저항 및 투과도를 갖는 산화물층-금속층-산화물층 구조의 다층 박막을 구현할 수 있음을 알 수 있다.

[0034] 다시 도 1을 참조하면, 다층 투명 전도막(11)은 그 두께가 전체적으로 일정하며, 복수의 금속선(16)을 부분적으로 감쌀 수 있도록 복수의 금속선(16)에 대응하는 부분이 융기되어 있다. 다층 투명 전도막(11)의 융기부(15)는 금속선(16)에 대응하는 형상과 금속선(16)의 두께에 대응하는 높이로 융기된 것이다. 다층 투면 전도막(11)은 투명 기판(2) 위에 금속선(16)이 형성된 후, 그 위에 적층되는 것이므로, 융기부(15)는 별도의 성형 공정없이 형성 다층 투명 전도막(11)의 형성시 자연스럽게 형성된다.

[0035] 금속선(16)은 Ag, Au, Cu, Al. Pt, Pd, Cr, Ti, W, Nb, Ta, V, Ca, Fe, Mn, Co, Ni, Zn 등의 금속 물질로 이루어진다. 금속선(16)은 공정 상의 편의를 위해 금속층(13)과 같은 물질로 이루어지는 것이 좋다. 복수의 금속선(16)은 정사각형의 메시(17)를 형성하는 그물망 구조로 배치된다. 이를 위해 복수의 금속선(16) 중 일부는 제 1 방향으로 일정한 간격으로 배치되고, 나머지 일부는 제 1 방향과 직교하는 제 2 방향으로 일정한 간격으로 배치된다. 본 발명에 의한 투명전극(10)은 금속선(16)의 높은 전도도로 인해 우수한 전도성을 갖게 된다.

[0036] 앞에서는 본 발명에 의한 투명전극(10)의 다층 투명 전도막(11)이 제 1 투명 전도 산화물층-금속층-제 2 투명 전도 산화물층의 3층 구조를 갖는 것으로 설명하였으나, 다층 투명 전도막(11)의 구조가 이러한 3층 구조로 한정되는 것은 아니다. 즉, 다층 투명 전도막(11)은 한 쌍 이상의 투명 전도 산화물층(12)(14)과 하나 이상의 금속층(13)을 포함하되, 금속층(13)의 상하면에 투명 전도 산화물층(12)(14)이 각각 적층된 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 다양한 멀티 스택 구조를 가질 수 있다.

[0037] 또한, 복수의 금속선(16)의 배치 구조는 도 1에 도시된 것과 같은 격자 배치 구조로 한정되지 않고, 다양하게 변경될 수 있다. 예컨대, 복수의 금속선(16)은 삼각형, 직사각형, 마름모, 벌집 모양 등 다양한 형태의 메시를 형성하도록 그물망 구조로 배치될 수 있다. 다른 예로, 복수의 금속선(16)은 서로 교차하지 않도록 배치될 수도 있다.

[0038] 이러한 본 발명에 의한 투명전극(10)은 저저항 다층 구조의 다층 투명 전도막(11)과 금속선(16)이 혼합되어 우수한 투과성과 전도성을 가지므로, 평판 디스플레이, 터치 패널, 태양전지, 센서, TFT 등 다양한 전자소자의 제조에 이용될 수 있다.

[0039] 또한, 본 발명에 의한 투명전극(10)은 투명 기판(2)과 함께 투명 안테나를 구성할 수 있다. 이러한 투명 안테나는 휴대폰용 안테나, 차량용 안테나, GPS 수신용 안테나, DMB 수신 안테나, 블루투스 수신용 안테나, Wi-Fi 수신용 안테나 등 전파 수신이 필요한 다양한 장치의 안테나로 이용될 수 있다. 투명 안테나는 건물용 유리, 차량용 유리, 휴대폰의 윈도우창 등에 삽입 설치될 수 있어서, 안테나 설치에 따른 공간을 줄여주고, 제품의 미적 효과 및 디자인 자유도를 높여줄 수 있다.본 발명에 의한 투명전극은 롤투롤 스퍼터(roll-to-roll sputter) 공정, 스퍼터(sputter) 공정, 증착(evaporation) 공정 등 다양한 성막 공정을 통해 제조될 수 있다.

[0040] 도 6은 롤투롤 스퍼터 공정을 위한 롤투롤 스퍼터링 장치를 나타낸 것이다.

[0041] 롤투롤 스퍼터 공정을 이용하기 위해 기판으로는 필름형의 플렉시블 기판(4)을 이용한다. 롤투롤 스퍼터 장치는 진공 챔버(20)와 플렉시블 기판(4)의 이동 경로 중에 차례로 배치되는 복수의 스퍼터건(21)(22)(23)(24)을 구비한다. 제 1 스퍼터건(21)은 금속선(16)을 형성하기 위한 것으로 금속선(16)과 동일한 재질의 금속 타겟

(25)을 갖고, 제 2 스퍼터건(22)은 제 1 투명 전도 산화물층(12)을 형성하기 위한 것으로 제 1 투명 전도 산화물층(12)과 동일한 재질의 산화물 타겟(26)을 갖는다. 제 3 스퍼터건(23)은 금속층(13)을 형성하기 위한 것으로 금속층(13)과 동일한 재질의 금속 타겟(27)을 갖고, 제 4 스퍼터건(24)은 제 2 투명 전도 산화물층(14)을 형성하기 위한 것으로 제 2 투명 전도 산화물층(14)과 동일한 재질의 산화물 타겟(28)을 갖는다. 플렉시블 기판(4)과 제 1 스퍼터건(21) 사이에는 설정된 금속선(16)의 배치 구조에 대응하는 패턴홈(31)을 갖는 패턴 마스크(30)가 배치된다.

[0042] 도 1과 도 6을 참조하면 먼저, 진공 챔버(20)를 공정 압력으로 만들고 공정 가스를 진공 챔버(20)에 주입하면서 리와인더(33)와 와인더(34)를 이용하여 플렉시블 기판(4)을 냉각드럼(35) 둘레를 따라 이동시킨다. 플렉시블 기판(4)이 이동하면 제 1 스퍼터건(21)을 작동시켜 금속 타겟(25)에 플라즈마를 유도하여 금속 타겟(25)의 입자를 패턴 마스크(30)의 패턴홈(31)을 통과시켜 플렉시블 기판(4) 위에 입사시킨다. 이때, 플렉시블 기판(4) 위에 패턴홈(31) 모양대로 금속선(16)이 형성된다.

[0043] 금속선(16)의 형성 후, 제 2 스퍼터건(22)을 작동시켜 산화물 타겟(26)에 플라즈마를 유도하여 전도 산화물 입자를 금속선(16)이 형성된 플렉시블 기판(4) 위에 증착시켜 제 1 투명 전도 산화물층(12)을 형성한다. 다음으로, 제 3 스퍼터건(23)을 작동시켜 금속 타겟(27)에 플라즈마를 유도하여 제 1 투명 전도 산화물층(12) 위에 금속층(13)을 성막한다. 마지막으로, 제 4 스퍼터건(24)을 작동시켜 산화물 타겟(28)에 플라즈마를 유도하여 금속층(13) 위에 제 2 투명 전도 산화물층(14)을 성막한다.

[0044] 이러한 롤투롤 공정을 이용하면 동일한 진공 챔버(20) 안에서 플렉시블 기판(4) 위에 금속선(16)과 다층 투명 전도막(11)을 일괄적으로 성막할 수 있다.

[0045] 도 7은 포토리소그래피 공정과 그 밖에 박막 형성 공정을 이용하여 본 발명에 의한 투명전극을 제조하는 과정을 나타낸 것이다.

[0046] 먼저, 도 7의 (a)에 도시된 것과 같이, 기판(6) 위에 균일한 두께의 포토레지스트층(40)을 형성한다. 다음으로, 도 7의 (b)에 도시된 것과 같이, 설정된 금속선(16)의 배치 구조에 대응하는 패턴(42)을 갖는 포토 마스크(41)를 포토레지스트층(40) 위에 배치하고, 자외선을 조사하여 포토 마스크(41)의 패턴(42)에 따라 포토레지스트층(40)을 노광시킨다. 다음으로, 도 7의 (c)에 도시된 것과 같이, 포토 마스크(41)의 패턴(42)에 따라 노광된 포토레지스트층(40)을 현상하여 포토레지스트층(40)에 설정된 금속선(16)의 배치 구조에 대응하는 패턴홈(43)을 형성한다. 여기에서, 패턴홈(43)이 형성된 포토레지스트층(40)이 패턴 마스크의 역할을 하게 된다. 패턴홈(43)의 형성 후 포토레지스트층(40)에 열을 가하는 베이킹(baking) 공정을 수행할 수도 있다.

[0047] 계속해서, 도 7의 (d)에 도시된 것과 같이, 패턴 마스크가 마련된 기판(6) 위에 금속선(16)과 동일한 재질의 금속 물질(44)을 도포한다. 금속 물질(44)을 도포하는 방법으로는 각종 기상증착법(Vapor Deposition)이나 인쇄법이 이용될 수 있다. 금속선(16)을 형성하기 위한 금속 물질(44)의 도포 후, 도 7의 (e)에 도시된 것과 같이, 포토레지스트층(40)을 식각함으로써 포토레지스트층(40)과 패턴홈(43) 이외의 부분에 도포된 금속 물질(44)을 제거함으로써, 기판(6) 위에 일정 패턴으로 배치되는 복수의 금속선(16)을 마련할 수 있다.

[0048] 마지막으로, 도 7의 (f)에 도시된 것과 같이, 복수의 금속선(16)이 형성된 기판(2) 위에 제 1 투명 전도 산화물층(12), 금속층(13) 및 제 2 투명 전도 산화물층(14)을 차례로 적층하여 기판(6) 위에 복수의 금속선(16)을 덮는 다층 투명 전도막(11)을 형성한다. 이렇게 형성되는 다층 투명 전도막(11)은 그 두께가 전체적으로 일정하며, 금속선(16)에 대응하는 융기부(15)를 갖게 된다.

[0049] 다층 투명 전도막(11)을 형성하는 방법은 기상증착법이나 인쇄법 등 다양한 방법이 이용될 수 있다.

[0050] 도 8은 다층 투명 전도막을 제조하기 위한 스퍼터 공정에 이용될 수 있는 스퍼터 장치를 나타낸 것이다.

[0051] 스퍼터 장치는 진공 챔버(50)와 기판(6)을 향해 배치되는 제 1 스퍼터건(51) 및 제 2 스퍼터건(52)을 구비한다. 제 1 스퍼터건(51)은 제 1 투명 전도 산화물층(12) 및 제 2 투명 전도 산화물층(14)을 형성하기 위한 것으로 투명 전도 산화물층(12)(14)과 동일한 재질의 산화물 타겟(53)을 갖는다. 제 2 스퍼터건(52)은 금속층(13)을 형성하기 위한 것으로 금속층(13)과 동일한 재질의 금속 타겟(54)을 갖는다.

[0052] 도 7 및 도 8을 참조하면 먼저, 금속선(16)이 형성된 기판(6)을 진공 챔버(50)에 넣고, 진공 챔버(50)를 공정 압력으로 만든 후 공정 가스를 진공 챔버(50)에 주입한다. 그리고 제 1 스퍼터건(51)을 작동시켜 산화물 타겟(53)에 플라즈마를 유도하여 금속선(16)이 형성된 기판(6) 위에 제 1 투명 전도 산화물층(12)을 형성한다. 다음으로, 제 2 스퍼터건(52)을 작동시켜 금속 타겟(54)에 플라즈마를 유도함으로써 제 1 투명 전도 산화물층(12) 위에 금속층(13)을 형성한다. 마지막으로, 다시 제 1 스퍼터건(51)을 작동시켜 금속층(13) 위에 제 2 투

명 전도 산화물층(14)을 형성한다.

[0053] 이러한 연속 스퍼터 공정을 이용하면 동일한 진공 챔버(50) 안에서 투명 전도 산화물층(12)(14)과 금속층(13)을 연속적으로 성막할 수 있다.

[0054] 금속선(16)과 다층 투명 전도막(11)을 형성함에 있어서, 포토리소그래피 공정을 통해 금속선(16)을 기판 위에 형성한 후, 형성된 금속선(16)을 다른 기판으로 전사한 후, 그 위에 다층 투명 전도막(11)을 형성할 수도 있다. 예컨대, 유리 기판 등에 금속선(16)을 형성한 후, 금속선(16)을 플렉시블 기판으로 전사하여 롤투롤 스퍼터 공정을 통해 금속선(16) 위에 다층 투명 전도막(11)을 형성할 수도 있다.

[0055] 도 9 및 도 10은 상술한 것과 같은 상술한 것과 같은 포토리소그래피 공정과 스퍼터 공정을 이용하여 제조한 본 발명의 시험예에 의한 투명전극의 특성을 나타낸 것이다. 시험예에 의한 투명전극은 도 1에 도시된 것과 같은 형태를 갖는 것으로, 유리 기판 위에 65㎜×65㎜의 넓이로 형성한 것이며, 금속선은 정사각형 모양의 메시를 갖는 그물망 형태로 배치되었다. 금속선(16)의 폭은 10㎛, 두께는 6㎛±0.2㎛, 선간 거리는 0.25㎜, 0.5㎜, 1.0㎜이다. 그리고 제 1 투명 전도 산화물층 및 제 2 투명 전도 산화물층은 ITO를 이용하여 40㎚ 두께로 형성하였고, 금속층은 Ag를 이용하여 12㎚의 두께로 형성하였다.

[0056] 도 9를 보면 시험예에 의한 투명전극은 400 ~ 800㎚의 파장 영역에서 대체적으로 높은 광투과도를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그리고 도 10을 보면 ~을 알 수 있다.

[0057] 도 9는 면저항, 400~600㎚ 사이 평균 투과율, 그리고 면저항과 투과율 모두를 고려한 figure of merit 값을 나타내는 그래프이다. 여기에서 Figure of merit는 투명 안테나의 품위를 평가하는 척도로써 사용되는 것으로 저항대비 투과율이 어느 정도인지 수치화할 수 있으며, 이 수치가 높을수록 투명전극의 우수성을 판가름할 수 있다. 그래프를 보면 금속선 간의 간격이 0.25㎜ 일 때 가장 좋은 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0058] 투과율을 나타낸 도 10의 그래프를 보면, 0.4ohm/sq.의 전기 전도성을 가지는 투명전극의 광학적 투과율이 광파장 영역 약 450 ~ 600㎚ 사이에서 평균 80%의 우수한 값을 나타냄을 알 수 있다.

[0059] 도 11은 상술한 시험예를 통해 제조한 투명전극을 이용한 안테나의 효율을 기존의 구리 안테나와 비교하여 나타낸 것이다. 도 11을 보면, 시험예에 의한 투명 안테나(Hybrid TCO)의 주파수 영역에 따른 신호의 감도가 기존 구리 안테나와 동일한 주파수 대역에서 유사한 신호 세기를 나타내고 있음을 알 수 있고, 이로써 본 발명에 의한 투명 안테나로 기존 금속 안테나를 대체할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

[0060] 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

[0061]

10 : 투명전극 11 : 다층 투명 전도막

12, 14 : 제 1, 2 투명 전도 산화물층 13 : 금속층

15: 융기부 16 : 금속선

20, 50 : 금속 챔버

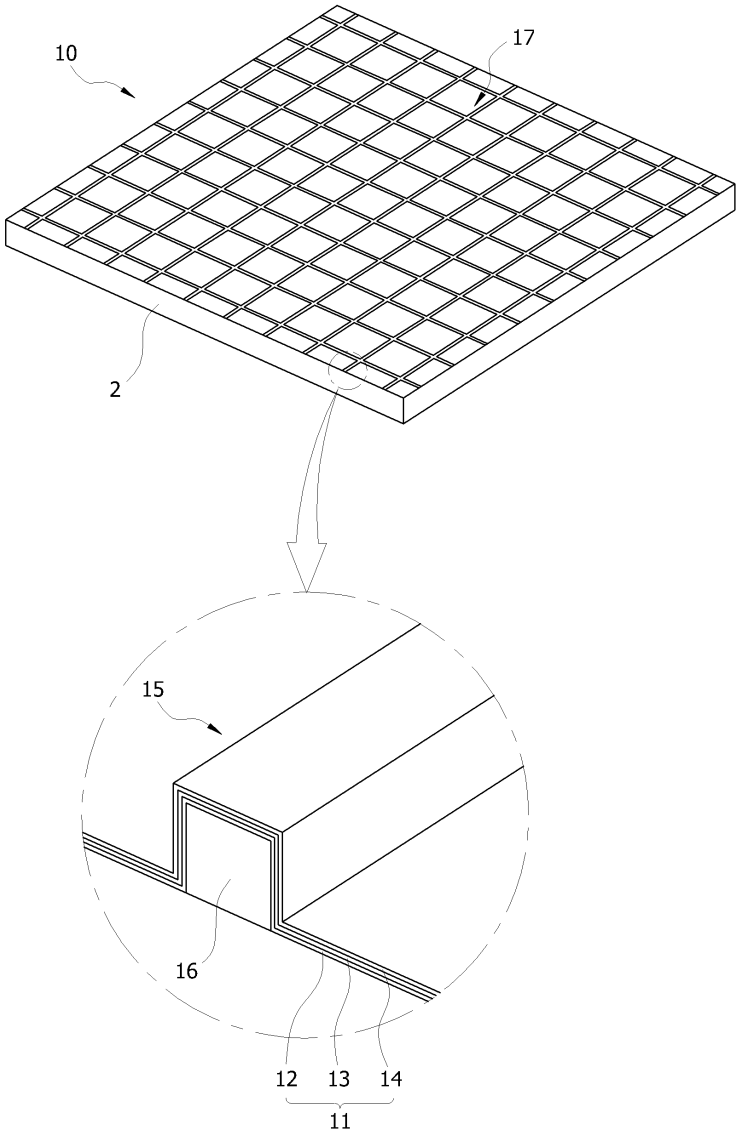
21, 22, 23, 24, 25, 51, 52 : 스퍼터건 25, 27, 54 : 금속 타겟

26, 28, 53 : 산화물 타겟 30 : 패턴 마스크

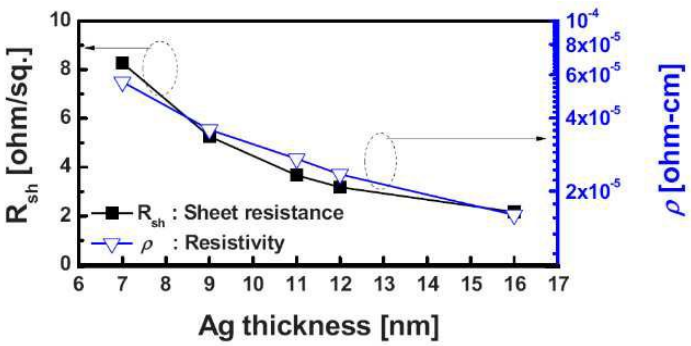
40 : 포토레지스트층 41 : 포토 마스크

도면

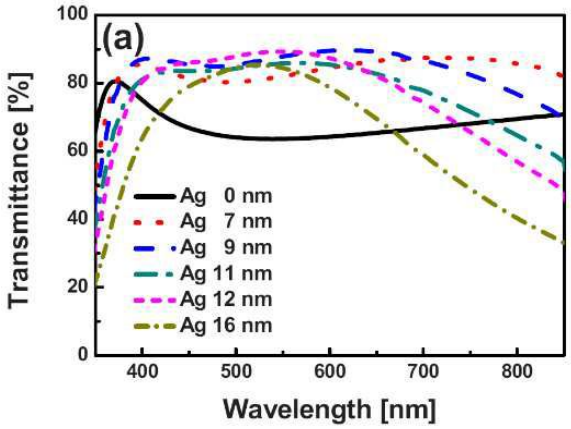
도면1


10
17
2
15
16
12
13
14
11

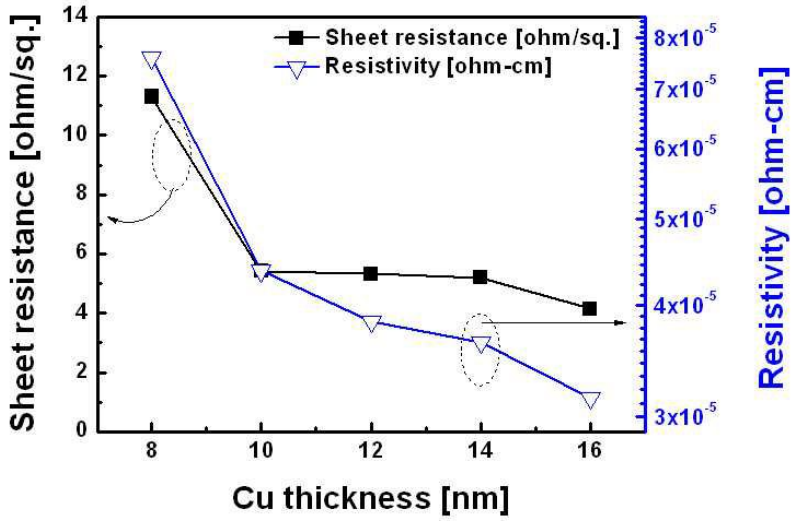
도면2


R_{sh} [ohm/sq.]
ρ [ohm-cm]
R_{sh} : Sheet resistance
ρ : Resistivity
Ag thickness [nm]

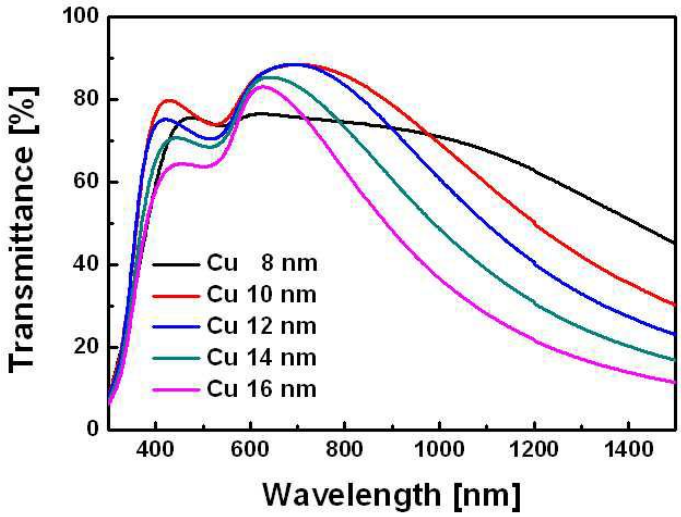
도면3


(a)
Transmittance [%]
Wavelength [nm]
Ag 0 nm
Ag 7 nm
Ag 9 nm
Ag 11 nm
Ag 12 nm
Ag 16 nm

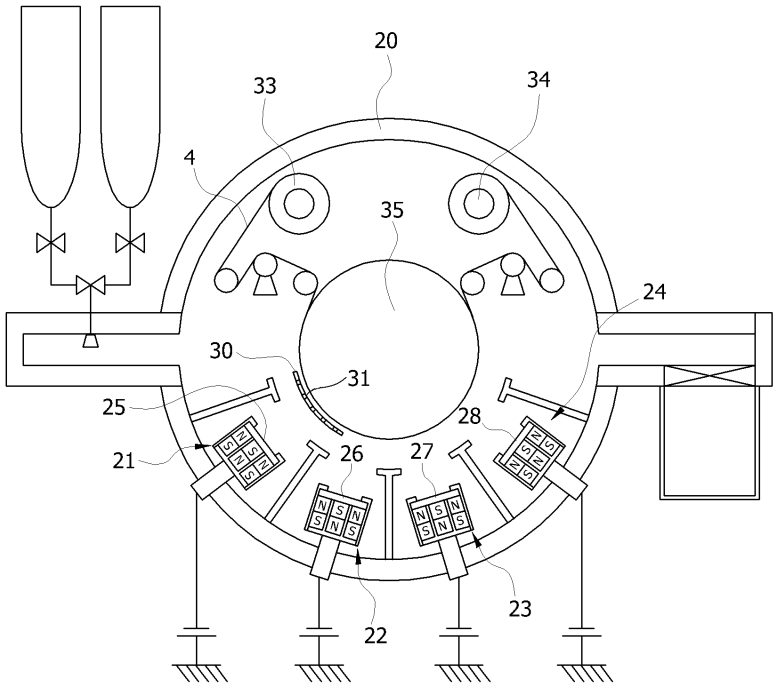
도면4


Sheet resistance [ohm/sq.]
Resistivity [ohm-cm]
Cu thickness [nm]
Resistivity [ohm-cm]

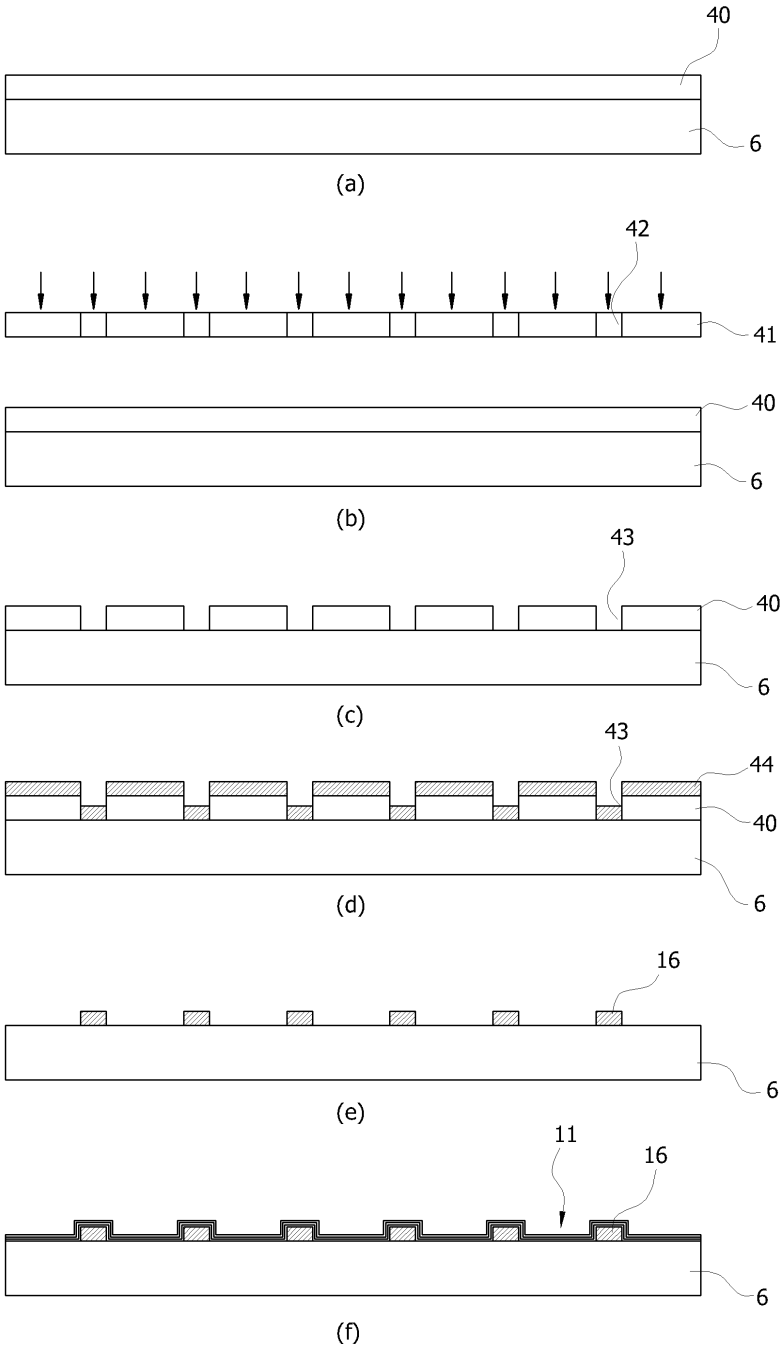
도면5


Transmittance [%]
Wavelength [nm]
Cu 8 nm
Cu 10 nm
Cu 12 nm
Cu 14 nm
Cu 16 nm

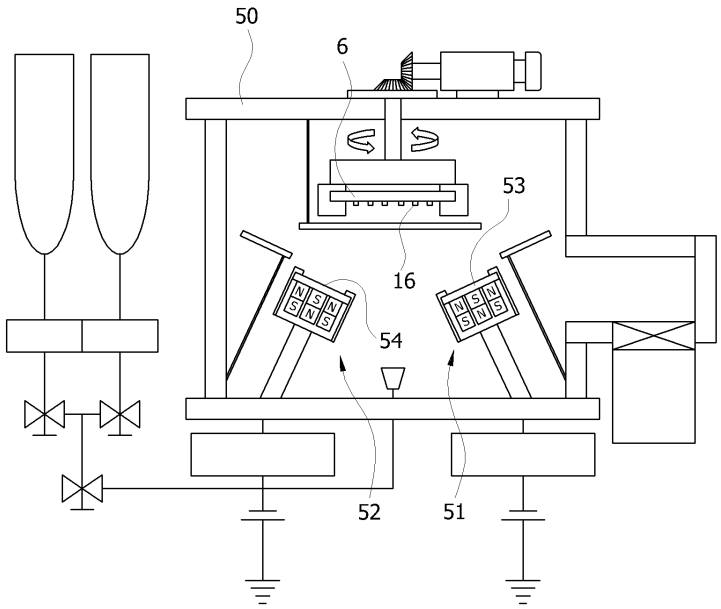
도면6



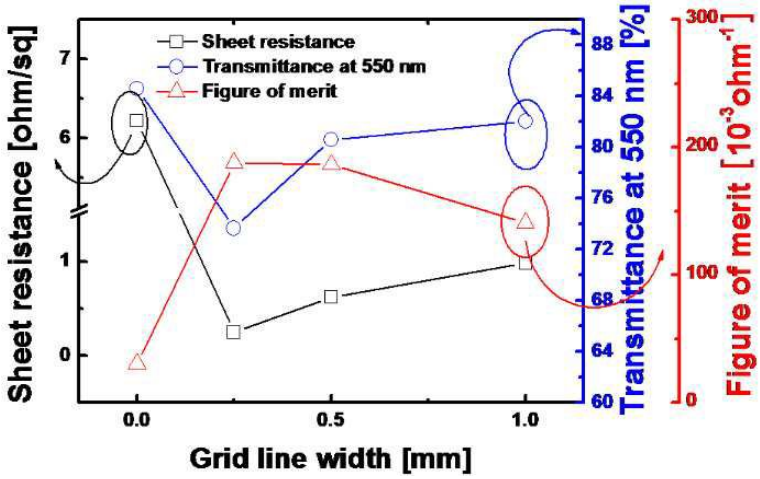
도면7



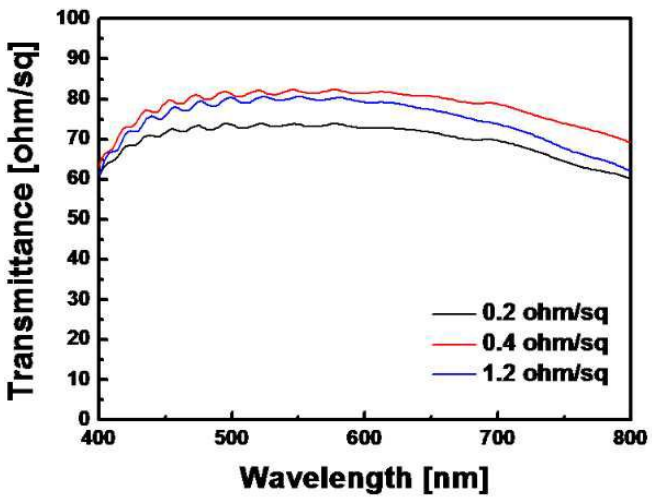
도면8


50
6
53
16
54
52
51

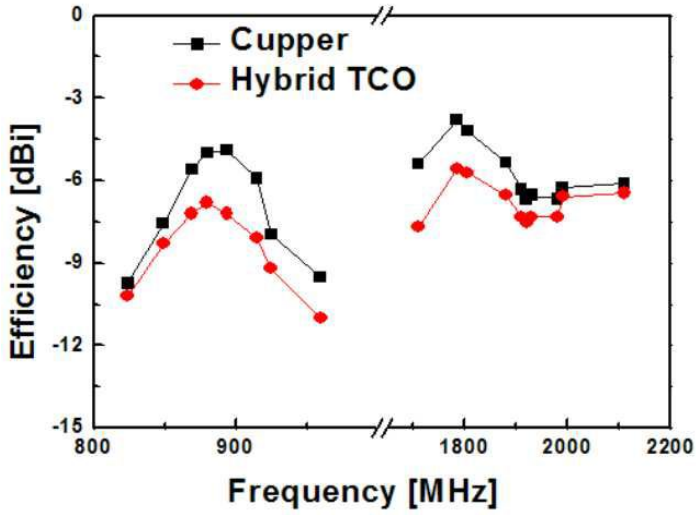
도면9


Sheet resistance
Transmittance at 550 nm
Figure of merit
Sheet resistance [ohm/sq]
Transmittance at 550 nm [%]
Figure of merit [10-3ohm-1]
Grid line width [mm]
0.0
0.5
1.0

도면10


Transmittance [ohm/sq]
Wavelength [nm]
0.2 ohm/sq
0.4 ohm/sq
1.2 ohm/sq

도면11


Cupper
Hybrid TCO
Efficiency [dBi]
0
-3
-6
-9
-12
-15
800
900
1800
2000
2200
Frequency [MHz]