

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0078001 (43) 공개일자 2012년07월10일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01B 5/14 (2006.01)	(71) 출원인 경희대학교 산학협력단 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스내 (서천동, 경희대학교)	
(21) 출원번호 10-2010-0140155	(72) 발명자	
(22) 출원일자 2010년12월31일	김한기	
심사청구일자 2010년12월31일	경기도 수원시 영통구 봉영로 1526, 성지아파트 712동 602호 (영통동)	
	박준혁	
	경상북도 구미시 상모동 백산빌리지 103동 302호	
	(74) 대리인	
	서재승	

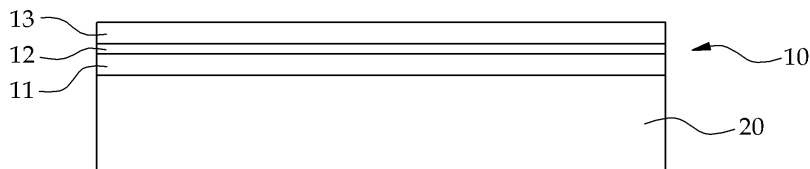
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 다층 투명전극 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 제조 공정이 간단하고 저가의 산화티타늄 재료를 기반으로 하는 다층 투명전극 및 그 제조방법을 제공하는 것이다. 본 발명에 의한 다층 투명전극은, 금속 물질이 도핑된 산화티타늄(Ti-O)으로 이루어진 산화티타늄층, 산화티타늄층과 접하는 구리층을 포함하고, 구리층의 상하면에 산화티타늄층이 적층된 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는다. 본 발명에 의한 다층 투명전극은 저가의 티타늄과 구리를 근간으로 하면서도 높은 투과도와 전도도를 나타내기 때문에, 저가의 광전소자를 구현할 수 있고, 다양한 광전소자 산업에 경쟁력을 부여할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 I090901

부처명 경기도

연구사업명 국제공동연구사업

연구과제명 차세대 Flexible Display 핵심 재료부품 연구

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2010.10.01 ~ 2011.09.30

특허청구의 범위

청구항 1

금속 물질이 도핑된 산화티타늄(Ti-O)으로 이루어진 산화티타늄층; 및

상기 산화티타늄층과 접하는 구리층;을 포함하고,

상기 구리층의 상하면에 상기 산화티타늄층이 적층된 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 산화티타늄층은 MxTi_yO_z ($x, y, z = 0.01 \sim 10$, M 은 니오븀(Nb), 바나듐(V), 탄탈럼(Ta) 중 어느 하나)의 화학식으로 표현되는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 구리층의 두께가 $8 \sim 14\text{nm}$ 인 것을 특징으로 하는 다층 투명전극.

청구항 4

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 산화티타늄층의 두께가 $30 \sim 50\text{nm}$ 인 것을 특징으로 하는 다층 투명전극.

청구항 5

기판 위에 금속 물질이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층을 형성하는 단계;

상기 산화티타늄층 위에 구리층을 $8 \sim 14\text{nm}$ 의 두께로 형성하는 단계; 및

상기 구리층 위에 금속 물질이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층을 형성하는 단계;를 포함하되,

상기 구리층의 상하면이 상기 산화티타늄층으로 덮여 전체적으로 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조가 되도록 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 적층하는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 산화티타늄층은 MxTi_yO_z ($x, y, z = 0.01 \sim 10$, M 은 니오븀(Nb), 바나듐(V), 탄탈럼(Ta) 중 어느 하나)의 화학식으로 표현되는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 구리층을 $8 \sim 14\text{nm}$ 의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

청구항 8

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 산화티타늄층을 $30 \sim 50\text{nm}$ 의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 기관, 상기 산화티타늄층을 성막하기 위한 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟이 구비된 제 1 스퍼터건, 상기 구리층을 성막하기 위한 구리 타겟이 구비된 제 2 스퍼터건을 같은 진공 챔버에 넣고, 상기 제 1 스퍼터건 및 상기 제 2 스퍼터건을 교대로 작동시키는 연속 스퍼터(sputter) 공정을 이용하여 상기 기관 위에 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 차례로 적층하는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

청구항 10

제 5 항에 있어서,

상기 기관으로 필름형의 플렉시블 기관을 이용하고, 상기 플렉시블 기관의 이동 경로 중에 상기 산화티타늄층을 성막하기 위한 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟이 구비된 제 1 스퍼터건 및 상기 구리층을 성막하기 위한 구리 타겟이 구비된 제 2 스퍼터건을 상기 플렉시블 기관을 향하도록 차례로 배치하고, 상기 플렉시블 기관을 이동시키면서 상기 제 1 스퍼터건 및 상기 제 2 스퍼터건을 작동시키는 연속 롤투롤 스퍼터(roll-to-roll sputter) 공정을 이용하여 상기 플렉시블 기관 위에 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 차례로 적층하는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

청구항 11

제 5 항에 있어서,

상기 기관, 상기 산화티타늄층을 성막하기 위한 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟, 상기 구리층을 성막하기 위한 구리 타겟을 같은 진공 챔버에 넣고, 상기 산화티타늄 타겟 및 상기 구리 타겟을 차례로 가열하여 상기 산화티타늄 타겟 및 상기 구리 타겟을 증발시켜 상기 산화티타늄 타겟의 증기 및 상기 구리 타겟의 증기를 상기 기관 위에 차례로 증착시키는 연속 증착(evaporation) 공정을 이용하여 상기 기관 위에 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 차례로 적층하는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

청구항 12

제 5 항에 있어서,

상기 기관을 상기 산화티타늄층을 성막하기 위한 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟이 수용된 진공 챔버에 넣어 상기 기관 위에 산화티타늄층을 성막하고, 상기 산화티타늄층이 적층된 상기 기관을 상기 구리층을 성막하기 위한 구리 타겟이 수용된 다른 진공 챔버에 넣어 상기 산화티타늄층 위에 구리층을 성막하고, 상기 산화티타늄층 및 구리층이 차례로 적층된 상기 산화티타늄 타겟이 수용된 진공 챔버에 넣고 상기 구리층 위에 산화티타늄층을 성막하는 배치 타입(batch type) 공정을 이용하여 상기 기관 위에 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 차례로 적층하는 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

청구항 13

제 9 항 내지 제 12 항에 있어서,

상기 산화티타늄 타겟은 이산화티타늄(TiO_2)에 산화니오븀(Nb_2O_5)이 6wt% 도핑된 것을 특징으로 하는 다층 투명전극의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 다양한 광전소자에 사용되는 투명전극에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 저가의 산화티타늄 재료를 기반으로 하는 다층 투명전극 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 첨단 정보기술산업과 함께 신재생 에너지산업이 급부상하면서 전기 전도성과 광투과성을 동시에 갖춘 투명전극 소재에 관한 관심이 높아지고 있다. 평판 디스플레이 제품과 박막형 태양전지는 얇은 투명기관으로 빛이 투과해야 되고, 동시에 전기 전도성도 우수해야 한다.

[0003] 투명전극 소재로는 얇은 막 형태로 제조된 투명 전도성 산화물(Transparent Conducting Oxide: TCO)이 대표적이다. 투명 전도성 산화물은 가시광선 영역에서의 높은 광학적 투과도(85% 이상)와 낮은 비저항(1×10^{-3}

Ωcm)을 동시에 갖는 산화물계의 축퇴된(degenerate) 반도체 전극을 총칭하는 것으로, 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, 투명 산화물 전극으로 인듐 산화물에 10wt%의 주석산화물이 도핑된 인듐 주석 산화물(이하, 'ITO' 한다)이 대표적이다. ITO 전극은 가시광 영역의 빛을 90% 이상 투과시킬 수 있어 매우 투명한 특성을 나타내며 낮은 비저항($10^{-3} \sim 10^{-4} \Omega\text{cm}$)의 특성을 지니고 있어서, 각종 광전소자에 널리 사용되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 평판 디스플레이, 태양전지, 터치패널, 투명 트랜지스터, 플렉시블 광전소자, 투명 광전소자 사업의 핵심은 생산 단가 절감을 통한 원가 경쟁력 확보에 있다. 그러나 ITO의 핵심 재료로 사용되고 있는 인듐은 매장량의 한계와 최근 급격하게 성장하고 있는 광전소자 사업의 확대에 그 가격이 급상승하여 제품의 제조 단가를 높이고 있다. 또한, ITO는 수소 플라즈마에 대한 취약성, 유연성 부족, 고온 공정으로 인한 플렉시블 기판에의 응용 어려움 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 이유로 최근 ITO 투명전극을 대체하기 위한 소재를 찾으려는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

- [0006] 본 발명은 이러한 점을 감안하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 제조 공정이 간단하고 저가의 산화티타늄 재료를 기반으로 하는 다층 투명전극 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 다층 투명전극은, 금속 물질이 도핑된 산화티타늄(Ti-O)으로 이루어진 산화티타늄층, 상기 산화티타늄층과 접하는 구리층을 포함하고, 상기 구리층의 상하면에 상기 산화티타늄층이 적층된 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조를 갖는다.

- [0008] 상기 산화티타늄층은 MxTi_yO_z ($x, y, z = 0.01 \sim 10$, M은 니오븀(Nb), 바나듐(V), 탄탈럼(Ta) 중 어느 하나)의 화학식으로 표현될 수 있다.

- [0009] 상기 구리층의 두께는 8 ~ 14nm인 것이 좋다.

- [0010] 상기 산화티타늄층의 두께는 30 ~ 50nm인 것이 좋다.

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 다층 투명전극의 제조방법은, 기판 위에 금속 물질이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층을 형성하는 단계, 상기 산화티타늄층 위에 구리층을 8 ~ 14nm의 두께로 형성하는 단계, 상기 구리층 위에 금속 물질이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 구리층의 상하면이 상기 산화티타늄층으로 덮여 전체적으로 $2n+1$ 층(n 은 1 이상의 정수)의 샌드위치 구조가 되도록 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 적층하는 것을 특징으로 한다.

- [0012] 본 발명에 의한 다층 투명전극의 제조방법은, 상기 기판, 상기 산화티타늄층을 성막하기 위한 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟이 구비된 제 1 스퍼터건, 상기 구리층을 성막하기 위한 구리 타겟이 구비된 제 2 스퍼터건을 같은 진공 챔버에 넣고, 상기 제 1 스퍼터건 및 상기 제 2 스퍼터건을 교대로 작동시키는 연속 스퍼터(sputter) 공정을 이용하여 상기 기판 위에 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 차례로 적층할 수 있다.

- [0013] 본 발명에 의한 다층 투명전극의 제조방법은, 상기 기판으로 필름형의 플렉시블 기판을 이용하고, 상기 플렉시블 기판의 이동 경로 중에 상기 산화티타늄층을 성막하기 위한 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟이 구비된 제 1 스퍼터건 및 상기 구리층을 성막하기 위한 구리 타겟이 구비된 제 2 스퍼터건을 상기 플렉시블 기판을 향하도록 차례로 배치하고, 상기 플렉시블 기판을 이동시키면서 상기 제 1 스퍼터건 및 상기 제 2 스퍼터건을 작동시키는 연속 롤투롤 스퍼터(roll-to-roll sputter) 공정을 이용하여 상기 플렉시블 기판 위에 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 차례로 적층할 수 있다.

- [0014] 본 발명에 의한 다층 투명전극의 제조방법은, 상기 기판, 상기 산화티타늄층을 성막하기 위한 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟, 상기 구리층을 성막하기 위한 구리 타겟을 같은 진공 챔버에 넣고, 상기 산화티타늄 타겟 및 상기 구리 타겟을 차례로 가열하여 상기 산화티타늄 타겟 및 상기 구리 타겟을 증발시켜 상기 산화티타늄 타겟의 증기 및 상기 구리 타겟의 증기를 상기 기판 위에 차례로 증착시키는 연속 증착(evaporation) 공정을 이용하여 상기 기판 위에 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 차례로 적층할 수 있다.

[0015] 본 발명에 의한 다층 투명전극의 제조방법은, 상기 기판을 상기 산화티타늄층을 성막하기 위한 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟이 수용된 진공 챔버에 넣어 상기 기판 위에 산화티타늄층을 성막하고, 상기 산화티타늄층이 적층된 상기 기판을 상기 구리층을 성막하기 위한 구리 타겟이 수용된 다른 진공 챔버에 넣어 상기 산화티타늄층 위에 구리층을 성막하고, 상기 산화티타늄층 및 구리층이 차례로 적층된 상기 산화티타늄 타겟이 수용된 진공 챔버에 넣고 상기 구리층 위에 산화티타늄층을 성막하는 배치 타입(batch type) 공정을 이용하여 상기 기판 위에 상기 산화티타늄층 및 상기 구리층을 차례로 적층할 수 있다.

[0016] 상기 산화티타늄 타겟은 이산화티타늄(TiO_2)에 산화니오븀(Nb_2O_5)이 6wt% 도핑된 것일 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 의한 다층 투명전극은 전기적, 광학적 특성이 우수하여 평판형 디스플레이(LCD, AMOLED, E-ink, PDP, FED), 태양전지(DSSC, OSC, CIGS), 투명 TFT, 터치 패널, 발광다이오드, 센서 등 다양한 광전소자에 이용될 수 있다. 또한, 얇은 구리층의 우수한 연성으로 휘어지기 쉬워 플렉시블 고분자 기판을 기반으로하는 광전소자의 투명전극에 이용될 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명에 의한 다층 투명전극은 저가의 티타늄과 구리를 근간으로 하면서도 높은 투과도와 전도도를 나타내기 때문에, 저가의 광전소자를 구현할 수 있고, 다양한 광전소자 산업에 경쟁력을 부여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 다층 투명전극이 기판 위에 적층되어 있는 것을 나타낸 것이다.

도 2는 니오븀이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층 사이에 개재되는 구리층의 두께에 따른 면저항 및 비저항을 나타낸 것이다.

3은 니오븀이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층 사이에 개재되는 구리층의 두께에 따른 투과도를 나타낸 것이다.

도 4는 탄탈럼이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층 사이에 개재되는 구리층의 두께에 따른 면저항 및 비저항을 나타낸 것이다.

도 5는 탄탈럼이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층 사이에 개재되는 구리층의 두께에 따른 투과도를 나타낸 것이다.

도 6은 니오븀이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층의 두께에 따른 다층 투명전극의 면저항 및 비저항을 나타낸 것이다.

도 7은 니오븀이 도핑된 산화티타늄으로 이루어진 산화티타늄층의 두께에 따른 다층 투명전극의 투과도를 나타낸 것이다.

도 8은 연속 스퍼터 공정을 위한 경사형 이중타겟 RF 마그네트론 스퍼터링 장치를 나타낸 것이다.

도 9는 연속 볼투를 스퍼터 공정을 위한 볼투를 스퍼터링 장치를 나타낸 것이다.

도 10은 연속 증착 공정을 위한 증착기를 나타낸 것이다.

도 11는 배치 타입 공정을 위한 장치를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 일실시예에 의한 다층 투명전극 및 그 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.

[0021] 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.

[0022] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 다층 투명전극이 기판 위에 적층되어 있는 것을 나타낸 것이다.

[0023] 도 1에 도시된 것과 같이, 본 발명이 일실시예에 의한 다층 투명전극(10)은 기판 위에 형성된 제 1 산화티타

늄층(11), 제 1 산화티타늄층(11) 위에 형성된 구리층(12), 구리층(12) 위에 형성된 제 2 산화티타늄층(13)을 포함한다. 제 1 산화티타늄층(11)과 제 2 산화티타늄층(13)은 금속 물질이 도핑된 산화티타늄(Ti-O)으로 이루어진 것으로, 아나타세(anatase) 결정 구조를 갖는다.

[0024] 이러한 다층 투명전극(10)은 제 1 산화티타늄층(11) 및 제 2 산화티타늄층(13)이 저가의 산화티타늄 재료를 기반으로 하므로 종래의 ITO를 이용하는 투명전극에 비해 제조비용을 크게 줄일 수 있다. 산화티타늄을 구성하는 티타늄(Ti)은 매장량이 풍부하고 저가이며, 큰 굴절률($n = 2.3 \sim 2.5$)과 물리적, 화학적으로 안정한 특성을 가지고 있고 가시광선과 근적외선 영역에서 매우 우수한 투과성을 나타내어 저가의 투명전극을 구현하는데 적합하다.

[0025] 제 1 산화티타늄층(11) 및 제 2 산화티타늄층(13)은 $MxTi_yO_z$ 의 화학식으로 표현될 수 있다. 여기에서, M은 5족 전이금속인 니오븀(Nb), 바나듐(V), 탄탈럼(Ta) 중에서 선택되는 어느 하나이다. 5족 전이금속이 도핑된 산화티타늄은 기존의 s-전자 궤도를 이용하는 ITO와 달리 d-전자 궤도를 통한 전도를 이용하는 투명전극으로 ITO의 밴드갭(3.70eV)과 유사한 밴드갭(3.6 ~ 3.8eV)을 가지고 있어 ITO를 대체하기에 충분한 90% 이상의 높은 투과도를 나타낸다. 특히, 아나타세 구조에서는 금속과 같은 전도도를 나타낸다. 도펀트가 도핑된 산화티타늄의 경우 결정 구조에 따라 결정 내에 용해되어 들어갈 수 있는 도펀트의 양이 정해지며, 아나타세 구조를 갖는 $MxTi_yO_z$ 에서 x, y, z의 값은 0.01 ~ 10 사이에 존재한다.

[0026] 5족 전이금속이 도핑된 산화티타늄은 평판형 디스플레이 등에 적용될 수 있을 정도의 면저항과 비저항에는 미치지 못하나, 본 발명은 제 1 산화티타늄층(11)과 제 2 산화티타늄층(13) 사이에 구리층(12)을 개재함으로써 이를 극복할 수 있다. 이러한 샌드위치 구조의 다층 투명전극(10)에서 구리층(12)의 두께가 두꺼우면 전도성은 향상되나 입사되는 대부분의 빛을 구리층(12)에서 흡수하여 광투과도가 낮아지고, 구리층(12)의 두께가 얇으면 산화티타늄층(11)(13)의 높은 저항이 지배적이 되므로 높은 전도성을 갖는 투명전극으로 적용이 불가능하다. 이러한 이유로, 구리층(12)의 두께는 제한적일 수밖에 없다.

[0027] 도 2 및 도 3은 니오븀이 도핑된 산화티타늄($Nb:TiO_2$, 이하 'NTO'라 한다)으로 이루어진 산화티타늄층(11)(13) 사이에 개재되는 구리층(12)의 두께에 따른 면저항(sheet resistance) 및 비저항(resistivity)과 투과도(transmittance)를 나타낸 것이다. 이러한 결과는 도 8에 도시된 것과 같은 경사형 이중타겟 RF 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하여 상온에서 다층 투명전극을 형성하되, 구리층의 두께를 8nm, 10nm, 12nm, 14nm, 16nm로 다르게 하여 얻은 것이다. 이러한 다층 투명전극의 형성 과정은 다음과 같다.

[0028] 먼저, 25×25 mm 크기의 유리 기판(20) 위에 스퍼터링 공정을 이용하여 하부 NTO층을 형성하였다. 성막 물질을 제공하기 위한 산화티타늄 타겟(30)으로는 블랙 NTO 타겟(6wt% Nb_2O_5 doped TiO_2)이 이용되었고, 상온에서 공정 압력을 3 mTorr로 유지하고 아르곤(Ar) 가스를 10sccm 공급하면서 100W의 RF 전력을 인가하여 스퍼터링 공정을 실행하였다.

[0029] 이러한 스퍼터링 공정을 통해 유리 기판 위에 30nm 두께의 하부 NTO층(제 1 산화티타늄층)을 형성하였다. 다음으로, 스퍼터링 공정을 통해 하부 NTO층 위에 구리층을 형성하였다. 이때, 구리 타겟(31)이 이용되었고, 25W의 DC 전력이 인가되었다. 나머지 스퍼터링 조건은 하부 NTO층의 성막 공정과 같다. 마지막으로, 하부 NTO층 성막 공정과 같은 방법으로 구리층 위에 상부 NTO층(제 2 산화티타늄층)을 형성하였다.

[0030] 도 2를 보면, 구리층의 두께가 증가함에 따라 면저항과 비저항이 감소하면서 전기적 특성이 향상되는 것을 알 수 있다. 그리고 도 3을 보면 투과도가 400 ~ 600nm의 가시광선 영역에서 높게 나타남을 알 수 있고, 구리층의 두께가 증가함에 따라 투과도는 감소하는 것을 알 수 있다.

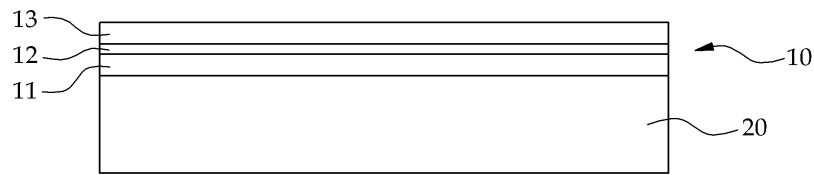
[0031] 도 4 및 도 5는 탄탈럼이 도핑된 산화티타늄($Ta:TiO_2$)으로 이루어진 산화티타늄층 사이에 개재되는 구리층의 두께에 따른 면저항 및 비저항과 투과도를 나타낸 것이다. 이러한 결과는 도 8에 도시된 것과 같은 경사형 이중타겟 RF 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하여 다층 투명전극을 형성하되, 구리층의 두께를 6nm, 8nm, 10nm, 12nm, 14nm로 다르게 하여 얻은 것이다. 이러한 다층 투명전극을 형성함에 있어서, 산화탄탈럼이 도핑된 산화티타늄 타겟(6wt% Ta_2O_5 doped TiO_2)을 사용하였다는 점 이외의 나머지 스퍼터링 조건은 상술한 것과 같으므로 이에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0032] 도 4를 보면, 니오븀을 사용한 결과와 마찬가지로 구리층의 두께가 증가함에 따라 면저항과 비저항이 감소하면서 전기적 특성이 향상되는 것을 알 수 있다. 그리고 도 5를 보면 구리층의 두께가 증가함에 따라 투과도는 감소하나 대부분이 400 ~ 600nm의 가시광선 영역에서 높게 나타남을 확인할 수 있다.

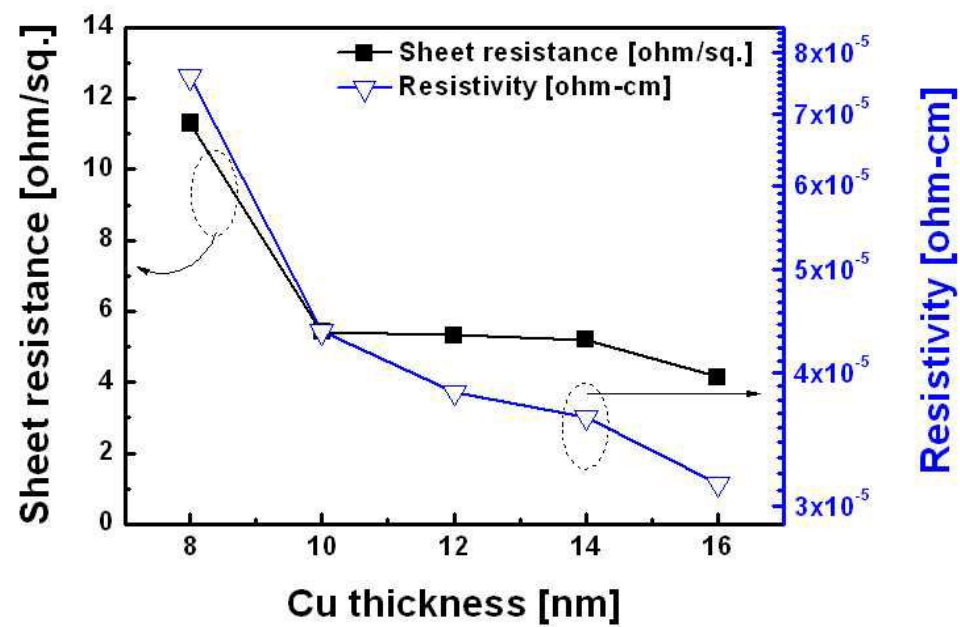
- [0033] 상기 시험예에서 산화티타늄층의 형성에 이용된 니오븀과 탄탈럼은 화학적 성질이 유사한 5족 전이금속이다. 5족 전이금속으로는 니오븀과 탄탈럼 이외에 바나듐이 있다. 같은 족에 속하는 원소들 간에는 화학적으로 비슷한 성질이 있는데, 이러한 유사성은 같은 족에 속하는 원소들은 가장 바깥쪽 전자 껍질의 전자 수가 같기 때문에 발생한다. 따라서, 바나듐을 도핑한 산화티타늄층을 이용하더라도 전기적, 광학적 특성을 갖는 투명전극으로서의 가능성을 있음을 알 수 있다.
- [0034] 이러한 시험 데이터를 종합할 때, 본 발명에 의한 다층 투명전극(10)은 투명전극으로서의 우수한 전기적, 광학적 특성을 나타내기 위해 구리층(12)의 두께가 8 ~ 14nm의 값을 갖는 것이 좋다.
- [0035] 한편, 도 6 및 도 7은 NTO/Cu/NTO 구조를 갖는 다층 투명전극의 NTO층(제 1 산화티타늄층 및 제 2 산화티타늄층)의 두께에 따른 다층 투명전극의 면저항 및 비저항과 투과도를 나타낸 것이다. 이러한 결과는 도 8에 도시된 것과 같은 경사형 이중타겟 RF 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하여 다층 투명전극을 형성하되, 구리(Cu)층의 두께를 12nm로 일정하게 하고 NTO층의 두께를 30, 50, 70, 90, 110nm로 다르게 하여 얻은 것이다.
- [0036] 도 6을 보면 NTO층의 두께가 증가함에 따라 면저항과 비저항이 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 NTO층의 저항이 높기 때문에 두께가 증가함에 따라 다층 투명전극의 전체적인 저항이 증가하는 것이다. 도 7에 나타낸 투과도를 보면, NTO층의 두께가 증가함에 따라 550nm 이하의 파장범위에서는 투과도가 증가한 후 다시 감소하며, 550nm 이상의 파장범위에서는 일정하게 증가하는 경향을 확인할 수 있다.
- [0037] 이러한 결과를 종합할 때, 광전소자에 적용되기 위한 투명전극은 대부분 낮은 저항을 갖는 특성이 요구되기 때문에, NTO층의 두께가 50nm보다 큰 것은 적절하지 않다. NTO층의 두께가 약 30 ~ 50nm에서 가장 높은 투과도를 나타내므로, 본 발명에 의한 다층 투명전극에 있어서 NTO층(제 1 산화티타늄층 및 제 2 산화티타늄층)의 두께는 30 ~ 50nm의 값을 갖는 것이 좋다.
- [0038] 앞에서는 본 발명에 의한 다층 투명전극이 도 1에 도시된 것과 같은, 제 1 산화티타늄층/구리층/제 2 산화티타늄층의 3층 구조를 갖는 것으로 설명하였으나, 본 발명에 의한 다층 투명전극의 구조가 이러한 3층 구조로 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명에 의한 다층 투명전극은 한 쌍 이상의 산화티타늄층과 하나 이상의 구리층을 포함하되, 구리층의 상하면에 산화티타늄층이 각각 적층된 2n+1층(n은 1 이상의 정수)의 다양한 멀티 스택 구조를 가질 수 있다.
- [0039] 상술한 것과 같이, 본 발명에 의한 다층 투명전극(10)은 전기적, 광학적 특성이 우수하여 평판형 디스플레이(LCD, AMOLED, E-ink, PDP, FED), 태양전지(DSSC, OSC, CIGS), 투명 TFT, 터치 패널, 발광다이오드, 센서 등 다양한 광전소자에 이용될 수 있다. 또한, 얇은 구리층(12)의 우수한 연성으로 쉽게 휘어질 수 있어서 플렉시블 고분자 기판을 기반으로하는 광전소자의 투명전극에 적용할 수 있다.
- [0040] 한편, 본 발명에 의한 다층 투명전극은 다음의 연속 스퍼터(sputter) 공정, 연속 롤투롤 스퍼터(roll-to-roll sputter) 공정, 연속 증착(evaporation) 공정, 배치 타입(batch type) 공정을 통해 제조될 수 있다. 물론, 본 발명에 의한 다층 투명전극은 다음의 제조 공정 이외에 다양한 성막 공정을 통해 제조될 수 있다.
- [0041] 먼저, 도 8에 도시된 경사형 이중타겟 RF 마그네트론 스퍼터링 장치를 참조하여 연속 스퍼터 공정에 대해 설명한다.
- [0042] 기판(20), 금속 물질이 도핑된 산화티타늄 타겟(30)이 구비된 제 1 스퍼터건(32), 구리 타겟(31)이 구비된 제 2 스퍼터건(33)이 수용된 진공 챔버(34)를 공정 압력으로 만들고 공정 가스를 진공 챔버(34)에 주입하면서 제 1 스퍼터건(32) 및 제 2 스퍼터건(33)을 교대로 작동시킨다. 먼저, 제 1 스퍼터건(32)에 RF 전력을 인가하여 산화티타늄 타겟(30)에 플라스마를 유도하여 기판(20) 위에 제 1 산화티타늄층(11)을 적층한 후, 제 2 스퍼터건(33)에 DC 전력을 인가하여 구리 타겟(31)에 플라스마를 유도하여 제 1 산화티타늄층(11) 위에 구리층(12)을 적층한다. 이후, 제 1 스퍼터건(32)을 작동시켜 제 1 산화티타늄층(11)을 형성하는 것과 동일한 과정으로 구리층(12) 위에 제 2 산화티타늄층(13)을 적층한다.
- [0043] 이러한 연속 스퍼터 공정을 이용하면 산화티타늄 타겟(30)과 구리 타겟(31)을 동일한 진공 챔버(34)에 넣고 공정압력을 유지한 상태로 기판(20) 위에 산화티타늄층(11)(13)과 구리층(12)을 연속적으로 적층할 수 있으므로 성막 효율을 높일 수 있다.
- [0044] 이하에서는 도 9에 도시된 롤투롤 스퍼터링 장치를 참조하여 연속 롤투롤 스퍼터 공정에 대해 설명한다.
- [0045] 이러한 연속 롤투롤 스퍼터 공정을 이용하기 위해 기판으로는 필름형의 플렉시블 기판(20)을 이용한다. 롤투롤 스퍼터 공정은 상술한 연속 스퍼터 공정과 유사하게 다층 투명전극의 연속적인 성막을 위해 타겟(30)(31)

도면

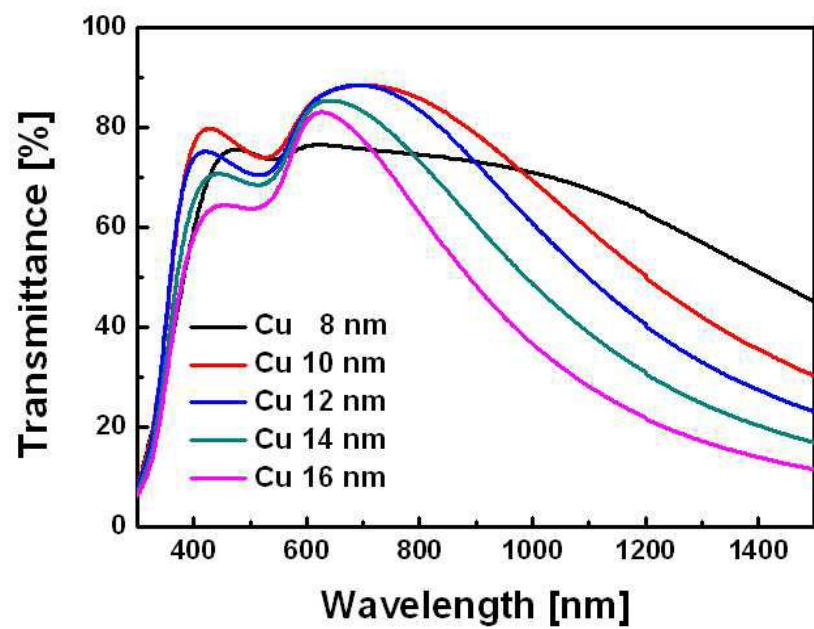
도면1



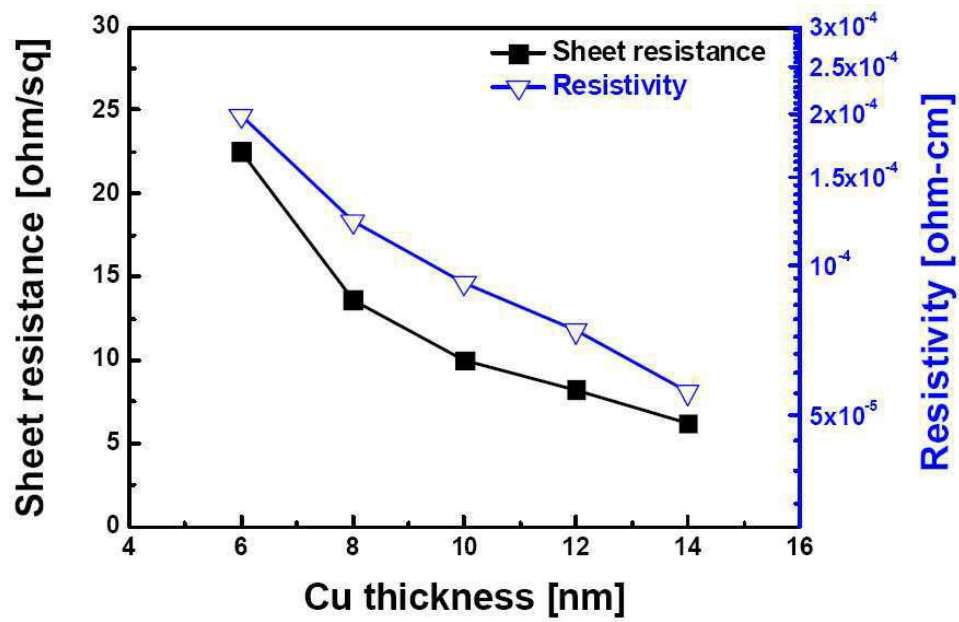
도면2



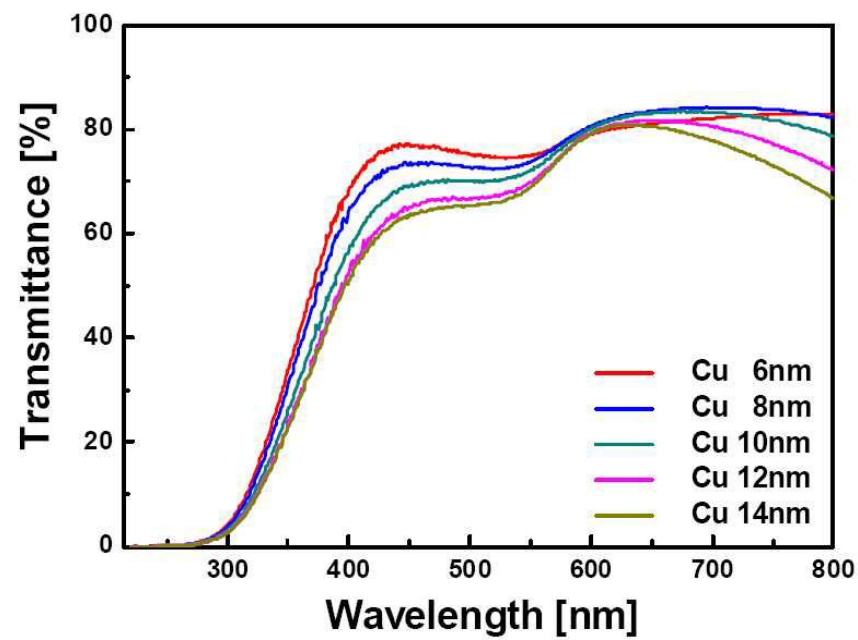
도면3



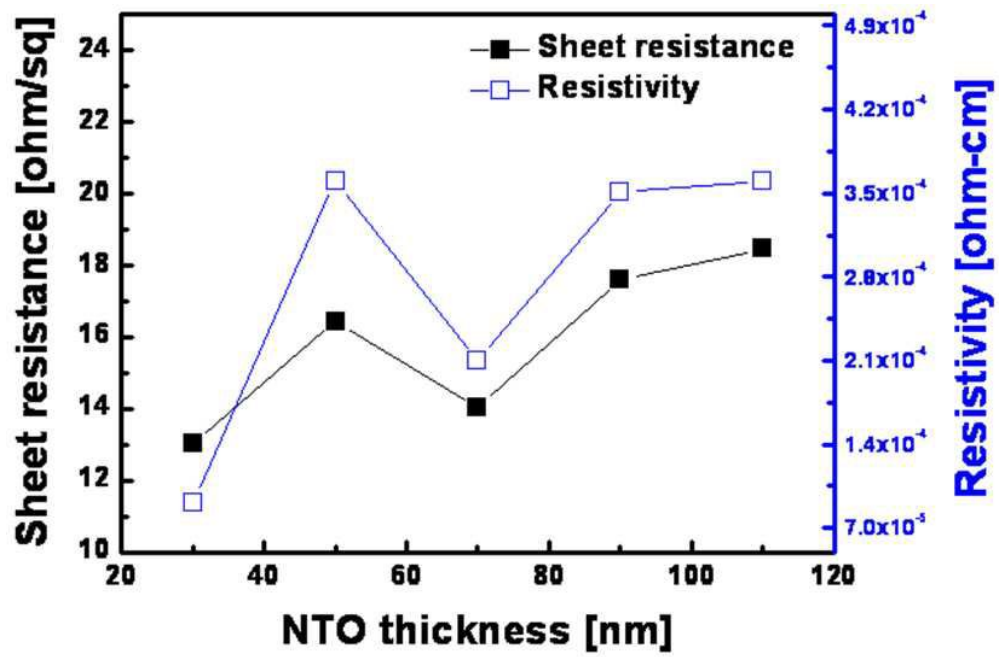
도면4



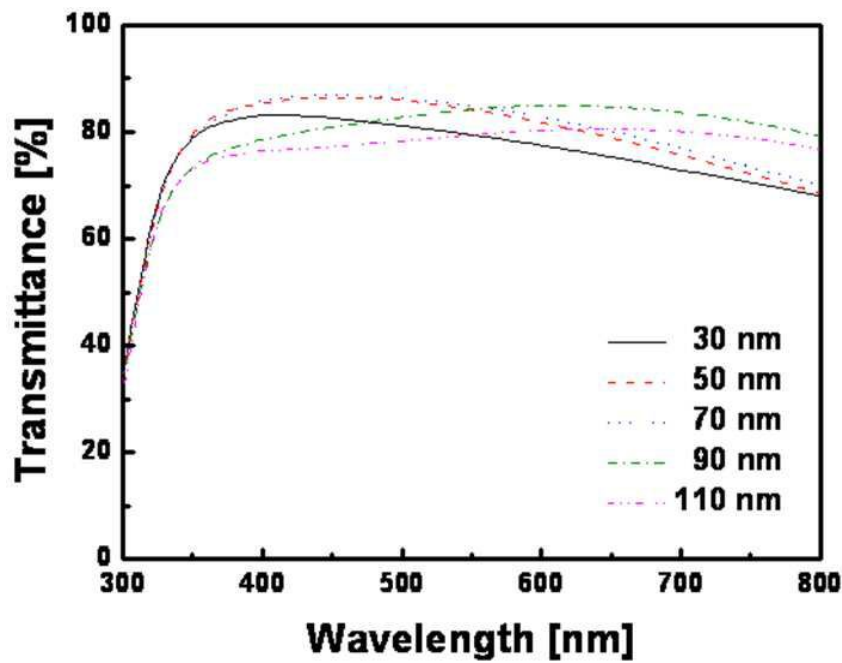
도면5



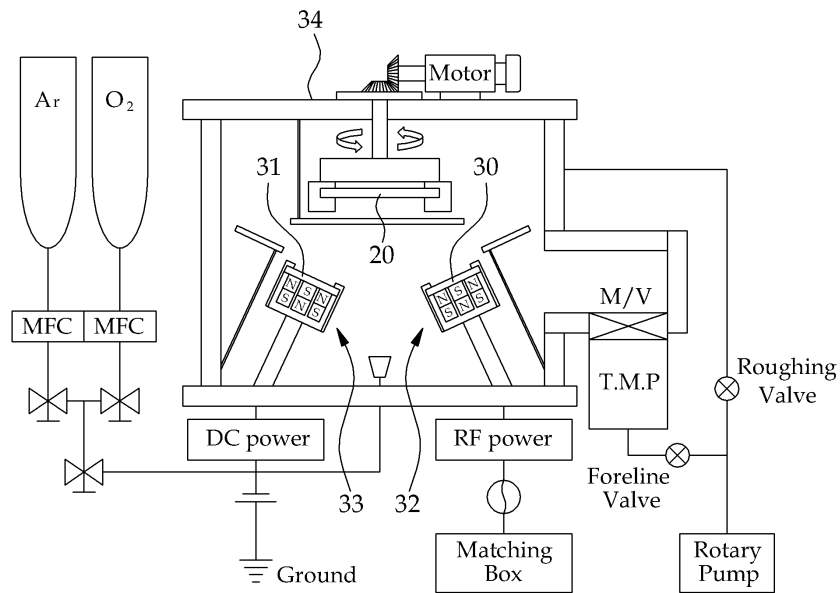
도면6



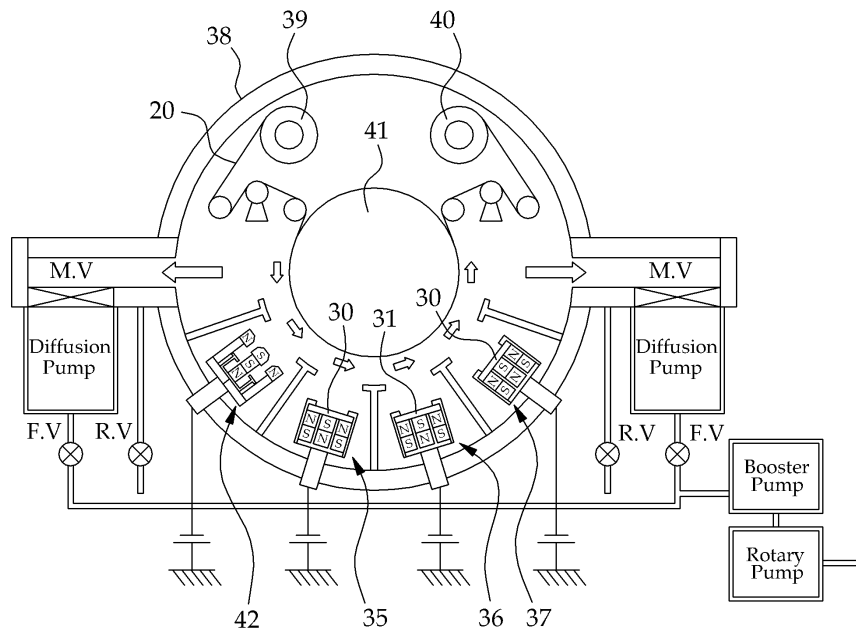
도면7



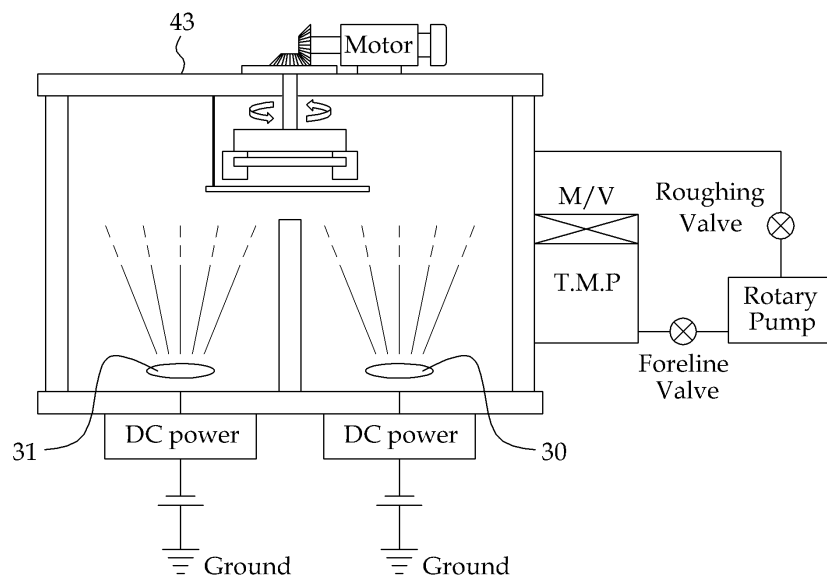
도면8



도면9



도면10



도면11

