



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년07월16일  
(11) 등록번호 10-1537069  
(24) 등록일자 2015년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/203 (2006.01) H01L 33/40 (2010.01)  
(21) 출원번호 10-2009-0132726  
(22) 출원일자 2009년12월29일  
심사청구일자 2014년03월26일  
(65) 공개번호 10-2011-0076110  
(43) 공개일자 2011년07월06일  
(56) 선행기술조사문헌  
US20040094402 A1\*  
KR1020030006972 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
재단법인 포항산업과학연구원  
경북 포항시 남구 효자동 산-32번지  
(72) 발명자  
정재인  
경기 용인시 기흥구 지곡동 756번지 교수아파트  
6동 1404호  
양지훈  
경상북도 포항시 남구 행복길 105, 10동 202호 (대잠동, 화목아파트)  
(74) 대리인  
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 1 항

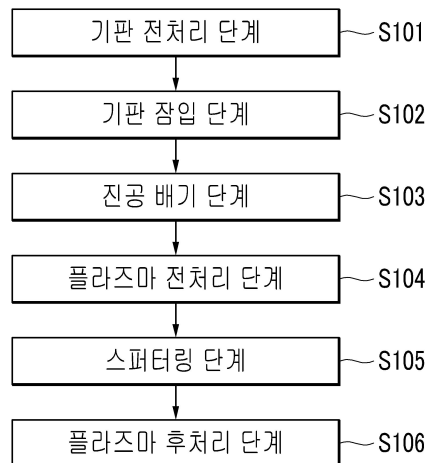
심사관 : 이정은

(54) 발명의 명칭 투명 도전막 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 투명 도전막 제조 방법은 균일하고 결정성을 갖는 투명 도전막을 형성할 수 있도록, 기판을 초음파로 세척하는 기판 전처리 단계와 기판을 진공 챔버 내부로 이송시키는 기판 장입 단계와 진공 챔버 내부의 가스를 방출하는 진공 배기 단계와 기판에 펄스 전원을 인가하여 기판을 플라즈마로 처리하는 플라즈마 전처리 단계, 및 기판의 배면에 설치된 전자석에 전류를 인가하여 기판 상에 투명 도전막을 비평형 마그네트론 스퍼터링 방법으로 형성하는 스퍼터링 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

기관을 초음파로 세척하는 기관 전처리 단계;  
 기관을 진공 챔버 내부로 이송시키는 기관 장입 단계;  
 진공 챔버 내부의 가스를 방출하는 진공 배기 단계;  
 기관에 200V 내지 600V의 펄스 전원을 인가하여 기관을 플라즈마로 처리하는 플라즈마 전처리 단계;  
 기관의 배면에 설치된 전자석에 1A 내지 2A의 전류를 인가하여 기관 상에 투명 도전막을 비평형 마그네트론 스퍼터링 방법으로 형성하는 스퍼터링 단계; 및  
 진공 챔버 내부에 아르곤 가스를 주입하여 진공 챔버 내부의 압력이  $5 \times 10^{-2}$  torr가 되도록 조절하고 투명 도전막이 형성된 상기 기관에 200V 내지 600V의 펄스 전압을 인가하여 기관을 플라즈마 처리하는 플라즈마 후처리 단계를 포함하는 투명 도전막 제조 방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**발명의 설명**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 투명 도전막의 제조 방법에 관한 것으로서 보다 상세하게는 비평형 마그네트론 스퍼터링을 이용한 투명 도전막 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 본 발명은 고분자 소재나 유리를 포함하는 각종 소재에 주석 산화물이 첨가된 인듐-주석 산화물 (ITO; Indium-Tin Oxide) 피막을 제조하되, 플라즈마를 이용한 전후처리 공정과 전자석이 구비된 비평형 마그네트론 스퍼터링 소스를 이용하여 스퍼터링 플라즈마 조건을 변형시켜 표면형상 및 결정성을 조절한 것을 특징으로 하는 투명 도전막 제조 방법에 관한 것이다.

[0003] 투명 도전막(Transparent Conducting Oxide; TCO)은 액정표시장치 (Liquid Crystal Display; LCD)나 플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel; PDP) 그리고 유기발광소자(Organic Light Emitting Diode; OLED) 등과 같은 평판 디스플레이(Flat Panel Display; FPD)나 터치 스크린 및 태양전지 등에 사용되는 투명전극으로 널리 이용되고 있다. 이 외에도 자동차, 항공기 등의 방습 및 결빙방지용 발열체, 계측기기, 브라운관 등의 대전방지 및 정전, 전자 차폐 등의 전기적 응용과 창문, 조명 등의 광학적 응용 등 매우 다양한 용도로 사용되고 있다. 최근에는 대형 액정디스플레이 소자의 상용화로 투명 도전막에서도 저저항화, 성막 온도의 저온화, 미세가공화, 대면적 성막 등의 까다로운 요구조건이 대두 되면서 차세대 투명 도전막을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 투명 도전막은 높은 투과율과 함께 낮은 비저항을 동시에 갖춘 물질이 사용된다. 투명 도전막으로는 금속을

50~200 Å 정도 증착시켜 전기전도와 투과율의 효과를 동시에 노린 금속성 투명 도전막과, 전자밀도가 높고 에너지 띠 간격이 커서 가시광선 영역에서 투과율이 높은 산화물 반도체(산화인듐, 산화주석, 산화아연, 산화티타늄, 주석이 첨가된 산화인듐)가 있다. 산화물 반도체의 내구성이 우수하고 가시광선 투과율이 높기 때문에 금속성 투명 도전막 보다 폭 넓게 이용되고 있다. 산화인듐이나 산화주석 등 단독 산화물의 경우는 비저항이  $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$  이상이 되어 까다로운 소자의 제작에는 미흡하기 때문에 주석, 안티몬, 불소 등이 첨가된 산화물이 연구되기 시작하였다. 특히, 70년대 이후에는 소위 ITO로 알려진, 주석이 5~15% 첨가된 산화인듐이 비저항이 낮고 투과율이 높아 투명 도전막의 주종을 이루어 오고 있다. 상용화된 ITO 박막의 비저항은 약  $2\sim 3 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$ 이며, 가시광선 투과율은 85% 이상이 되고 있다. 투명 도전막의 제조방법으로는 화학적방법(스프레이법, 도포법)과 물리적방법(진공증착, 스퍼터링, 이온플레이팅)이 있으며 최근에는 공정조절이 쉽고, 재현성이 우수하며 피막특성도 우수한 물리증착 방법이 주로 사용되고 있다.

[0005] ITO는 주석이 첨가된 복합 산화물이기 때문에 이러한 복합 산화물의 화학양론을 그대로 유지할 수 있는 스퍼터링 방식이 주로 이용된다. 그 중에서도 스퍼터율이 높은 마그네트론 스퍼터링이 이용되는데 마그네트론 스퍼터링의 원리는 음극 타겟 배면에 자성 물질을 부착하여 전기장에 수직인 자기장을 형성함으로써 전자들의 움직임을 타겟 주위로 구속하고 이동 경로를 길게 연장시켜 스퍼터율을 높이는 것이다. 마그네트론 스퍼터링은 이극 직류 스퍼터링에 비해 보다 낮은 압력에서도 작동이 가능하다. 압력이 낮아지면 산란되는 입자의 수가 많이 감소하므로 증착율이 증가함은 물론, 스퍼터링된 입자가 기관까지 거의 초기의 운동 에너지를 유지하며 도달하기 때문에 기관 위로 증착되어지는 박막 구조는 보다 치밀해 진다. 그러나 마그네트론 스퍼터링은 자기장과 전기장이 수직으로 만나는 부분에서 플라즈마가 발생하므로 플라즈마가 타겟 바로 위에 집중되고 따라서 기관 부근에서는 플라즈마가 발생이 미약하여 기관으로 향하는 원자나 분자의 이온화가 낮아지는 문제가 있다.

[0006] 스퍼터링에 이용되는 ITO 타겟은 대개 10%의 산화주석이 첨가된 산화인듐이다. ITO 타겟을 이용하여 제조되는 ITO 박막은 낮은 비저항과 높은 투과율을 얻기 위해서 300°C 이상의 고온에서 피막을 제조하여야 하는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 플라스틱과 같은 연성 소자가 전자부품에 널리 이용되면서 ITO를 저온에서 증착해야 할 필요성이 대두되었고 이에 따라 기관의 온도를 상온으로 유지하면서 고품질의 ITO 박막을 제조하고자 하는 시도가 폭 넓게 진행되고 있다.

[0007] 그러나 저온에서 ITO 박막을 제조할 경우 ITO 박막은 대부분 비정질 형태로 성장하며 따라서 ITO 박막의 형상이나 조직 그리고 특성을 제어하기 어려운 문제가 있다.

[0008] C. Guillen 등은 Vacuum 80, 615(2006)의 논문을 통해 상온에서 스퍼터링에 의해 ITO 피막을 제조하고 증착 중의 산소와 열처리 분위기에 따른 ITO 피막의 특성 변화를 보고하였다. 한편 F. Kurdesau 등은 J. of Non-Crystalline Solids 352, 1466(2006)의 논문을 통해 DC 와 RF 스퍼터링으로 ITO 박막을 각각 제조하고 그 특성 변화를 비교 관찰하였다. 이 외에도 Laser 증착이나 스퍼터링시 세슘(Cesium)을 첨가하여 ITO의 특성 변화를 관찰하는 연구 등 다양한 방법으로 특성이 우수한 ITO 박막을 저온에서 증착하는 시도가 이루어지고 있다.

[0009] 대한민국 특허 10-2004-0001583에서는 비정질 상태의 ITO 박막을 후 열처리를 통해 결정화하고 이를 통해 표면 조도를 향상시키는 방법을 제공하고 있다. 대한민국 특허 10-2004-0110987에서는 ITO 박막을 2층으로 제조하여 결정성 및 평탄도를 향상시킨 방법 및 그 장치를 제공하고 있다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

[0010] 본 발명에서는 상기한 바와 같은 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 저온에서 투명 도전막을 형성하되 스퍼터링의 플라즈마 조건을 변화시켜 도전막의 형상과 조직 그리고 특성을 제어하는 방법을 제공함에 있다.

### 과제 해결수단

[0011] 이 같은 목적을 달성하기 위해서 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 도전막 제조 방법은 기관을 초음파로 세척하는 기관 전처리 단계와 기관을 진공 챔버 내부로 이송시키는 기관 장입 단계와 진공 챔버 내부의 가스를 방출하는 진공 배기 단계와 기관에 펄스 전원을 인가하여 기관을 플라즈마로 처리하는 플라즈마 전처리 단계, 및 기관의 배면에 설치된 전자석에 전류를 인가하여 기관 상에 투명 도전막을 비평형 마그네트론 스퍼터링 방법으로 형

성하는 스퍼터링 단계를 포함한다.

- [0012] 또한, 투명 도전막 제조 방법은 진공 챔버 내부에 아르곤 가스를 주입하여 진공 챔버 내부의 압력이  $5 \times 10^{-2}$  torr 가 되도록 조절하고 투명 도전막이 형성된 상기 기관에 200V 내지 600V의 펄스 전압을 인가하여 기관을 플라즈마 처리하는 플라즈마 후처리 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 스퍼터링 단계에서 상기 전자석에 인가된 전류는 1A 내지 2A일 수 있으며, 상기 플라즈마 전처리 단계에서 상기 기관에 인가되는 전압은 200V 내지 600V일 수 있다.

**효 과**

- [0014] 상술한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따르면 저온에서도 결정성을 갖고 표면이 균일한 투명 도전 박막을 형성할 수 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- [0015] 이하, 첨부한 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 당업자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 스퍼터링 장치를 나타낸 구성도이다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 스퍼터링 장치는 내부에 공간을 갖는 진공 챔버(1)와 진공 챔버(1) 내부에 설치되며 기관(7)이 장착되는 홀더(8)와 박막 형성을 위한 스퍼터링 소스(2)와 스퍼터링 소스(2)의 둘레에 형성된 전자석(4), 및 기관(7)과 대향 배치되는 히터(11)를 포함한다.
- [0018] 진공 챔버(1)는 내부 공간을 갖는 사각 형상의 방으로 이루어지며, 진공 챔버(1)의 일측 벽면에는 진공 챔버(1) 내부의 압력을 측정하는 진공 게이지(14)와 가스 도입부(13)가 설치된다.
- [0019] 홀더(8)의 일측 단부에는 기관(7)이 고정 설치되고, 홀더(8)의 타측 단부는 기관(7)을 회전시키는 회전부재(9)가 연결 설치된다. 또한, 회전부재(9)에는 기관(7)에 전원을 공급하는 바이어스 전원(10)이 연결되어 있다.
- [0020] 기관(7)과 스퍼터링 소스(2) 사이에는 기관(7)과 스퍼터링 소스(2) 사이를 차단 또는 개방하는 셔터(6)가 설치되며, 셔터(6)와 스퍼터링 소스(2) 사이에는 타겟(3)이 설치된다. 스퍼터링 소스(2)에는 전력을 인가하기 위한 스퍼터링 전원(5)이 연결 설치된다.
- [0021] 한편, 기관을 가열하기 위한 히터에는 히터 전원이 연결 설치된다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 도전막의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0023] 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 실시예에 따른 투명 도전막의 제조 방법은 기관 전처리 단계(S101)와 기관 장입 단계(S102)와 진공 배기 단계(S103)와 플라즈마 전처리 단계(S104)와 스퍼터링 단계(S105), 및 플라즈마 후처리 단계(S106)를 포함한다.
- [0024] 기관 전처리 단계(S101)는 상압의 대기 중에서 아세톤과 알코올을 이용하여 초음파로 기관(7)을 세척한다. 본 실시예에 따른 기관(7)은 가로가 5cm이고, 세로가 5cm이며, 두께가 80 $\mu$ m인 PET 판으로 이루어진다.
- [0025] 기관 장입 단계(S102)는 세척된 기관(7)을 진공 챔버(1)에 삽입하여 홀더(8)에 고정한다.
- [0026] 진공 배기 단계(S103)는 진공 챔버(1) 내부의 가스를 외부로 배출하여 진공 챔버(1) 내부의 압력을  $10^{-5}$  torr 이하로 감소시킨다.
- [0027] 플라즈마 전처리 단계(S104)는 기관(7)의 표면에 존재하는 불순물을 제거하고 표면을 활성화시키기 위해서 진공 챔버(1) 내부로 아르곤 가스를 70sccm으로 진공 챔버(1) 내부의 압력이  $5 \times 10^{-2}$  torr될 때까지 주입한다. 아르곤 가스의 주입이 완료되면 바이어스 전원(10)인 펄스 전원을 기관(7)에 인가하여 200V 내지 600V의 음의 전압을 인가한다. 본 실시예에서는 400V의 전압을 인가할 수 있다. 기관(7)에 인가되는 전압이 200V보다 더 작으면 플라즈마 처리 효과가 잘 나타나지 않을 수 있으며, 전압이 600V보다 더 크면 기관(7)이 손상될 수 있다. 이와 같이 기관(7)에 상기한 전압을 인가하면 글로 방전이 유도되고 아르곤이 기관에 충돌하여 기관(7) 표면에 존재하는 불순물이 제거될 뿐만 아니라 기관(7)의 표면이 활성화 된다.

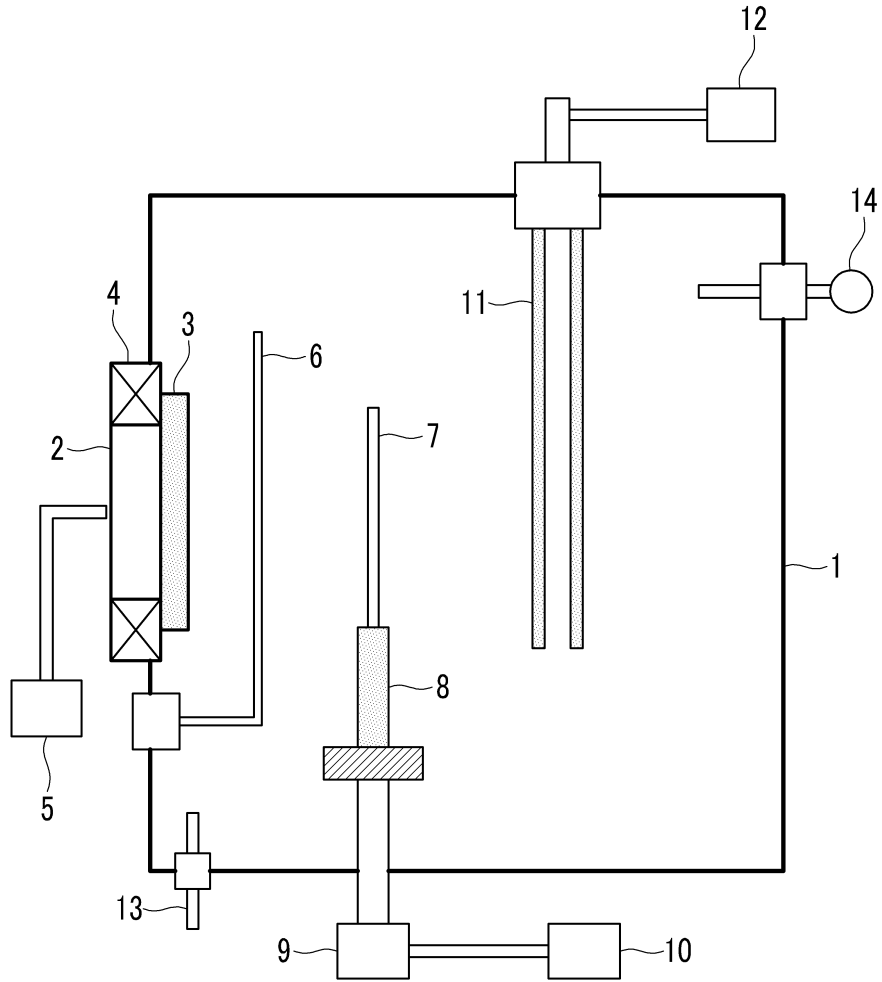
- [0028] 본 실시예에서는 바이어스 전원(10)으로 펄스 전원이 인가되는 것으로 예시하고 있으나 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, DC 전원이나, RF 전원 등이 인가될 수도 있다.
- [0029] 스퍼터링 단계(S105)는 기판에 ITO 등의 투명 도전막을 형성하는 단계로서 비평형 마그네트론 스퍼터링으로 투명 도전막을 형성한다.
- [0030] 비평형 마그네트론 스퍼터링의 기본 원리는 타겟(3) 배면에 있는 자석들의 내부 자장과 외부 자장의 세기에 차이를 두어서, 플라즈마가 타겟(3) 근방에 구속되는 것이 아니라 일부 자장을 기판 방향으로 향하게 하여 이온의 흐름을 기판 방향으로 유도하는 것이다. 비평형 마그네트론 스퍼터링에서는 이온의 흐름이 자기장 방향에 평행하게 진행하다가 기판(7) 근처에서 퍼지므로 기판 부근에서도 플라즈마가 형성되며 따라서 기존의 마그네트론 스퍼터링과는 달리 이온 충돌 효과를 유도하여 박막의 특성 변화를 기대할 수 있다.
- [0031] 진공 챔버(1)에 아르곤 가스를  $2 \times 10^{-3}$  torr가 되도록 조절한 다음 타겟(3)이 장착된 스퍼터링 소스(2)에 스퍼터링 용 전원(5)을 인가하여 타겟(3)의 표면을 3분간 스퍼터링하여 타겟(3) 표면에 존재하는 불순물을 제거한 다음 셔터(6)를 개방하여 기판(7)에 ITO 박막을 형성한다. ITO 박막 제조시 스퍼터링 전류는 0.5A로 고정하였고 전자석(4)의 전류는 2A로 조절한다. 이렇게 하면 ITO의 증발율은 약 15nm/min가 되며 이러한 조건에서 10분간 코팅하여 최종 두께를 150nm로 증착하였다.
- [0032] 전자석(4)에 인가되는 전류는 1A 내지 2A로 되는 바, 전자석(4)에 인가되는 전류가 1A보다 더 낮으면 스퍼터링 플라즈마의 밀도 향상 효과가 작아 ITO 박막의 조직제어에 한계가 있으며 전자석(4)에 인가되는 전류가 2A 보다 더 크면 플라즈마가 국부적으로 밀집되어 기판의 온도가 너무 올라가 기판(7)을 손상시키기는 문제가 발생한다.
- [0033] 전자석(4)은 스퍼터링 플라즈마를 기판(7) 쪽으로 유도하여 기판(7) 근처에 많은 원자들이 이온화되도록 조절하기 위한 것으로 본 실시예에 따르면 기판(7)이 활성화 되면서 기판(7)에 증착되는 원자들의 이동도가 커지고 이에 따라 박막의 형상 및 조직을 향상시킬 수 있다.
- [0034] 플라즈마 후처리 단계(S106)는 진공 챔버(1) 내부의 압력이  $5 \times 10^{-2}$  torr될 때까지 아르곤 가스를 진공 챔버(1)로 주입한다. 아르곤 가스의 주입이 완료되면 바이어스 전원(10)인 펄스 전원을 기판(7)에 인가하되 200V 내지 600V의 음의 전압을 인가한다. 이와 같이 기판(7)에 전압을 인가하면 글로 방전이 유도되고 아르곤이 기판에 충돌하여 투명 도전막의 표면 형상을 제어할 수 있다.
- [0035] 도 3은 본 발명에 따라 제조된 ITO 박막과 전자석을 이용하지 않고 종래의 방법으로 제조된 ITO 박막의 결정성을 비교한 그래프이다. 도 3에 도시된 바와 같이 기존의 마그네트론 스퍼터링 방식으로 제조한 ITO 박막은 비정질의 피막이 형성되나 본 실시예에 따라 제조된 박막에서는 뚜렷한 결정이 성장되고 있음을 볼 수 있다.
- [0036] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 ITO 박막의 표면 사진이고, 도 4b는 종래의 방법에 따라 형성된 ITO 박막의 표면의 사진이다. 도 4a 및 도 4b를 살펴보면 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 ITO 박막의 표면이 보다 더 균일하게 형성되었음을 알 수 있다.
- [0037] 이와 같이 본 실시예에 따르면 전자석을 이용하여 저온에서 결정성을 갖고 표면이 균일한 도전 박막을 형성할 수 있다.
- [0038] 이상 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 여기에 한정되는 것이 아니고 특허청구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러가지로 변형하여 실시할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

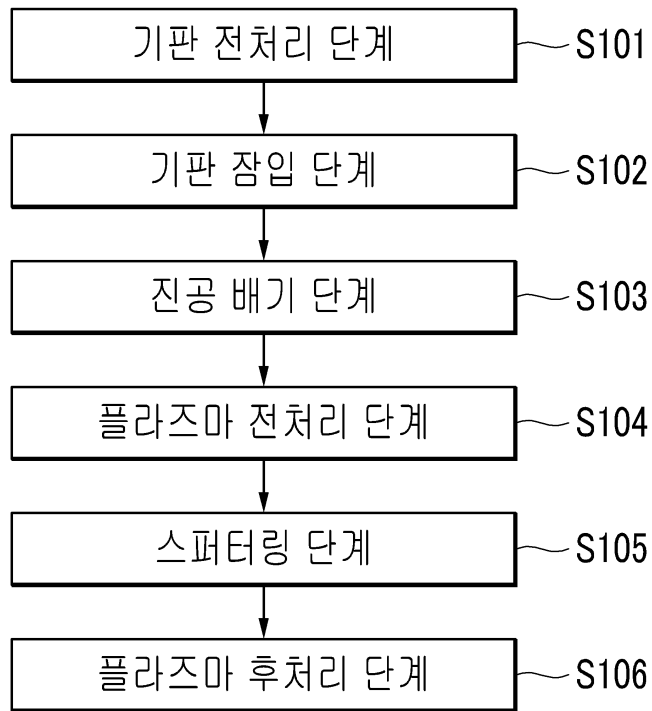
- [0039] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 스퍼터링 장치를 나타낸 구성도이다.
- [0040] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 도전막의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0041] 도 3은 본 발명에 따라 제조된 ITO 박막과 전자석을 이용하지 않고 종래의 방법으로 제조된 ITO 박막의 결정성을 비교한 그래프이다.
- [0042] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 ITO 박막의 표면 사진이고, 도 4b는 종래의 방법에 따라 형성된 ITO 박막의 표면의 사진이다.

도면

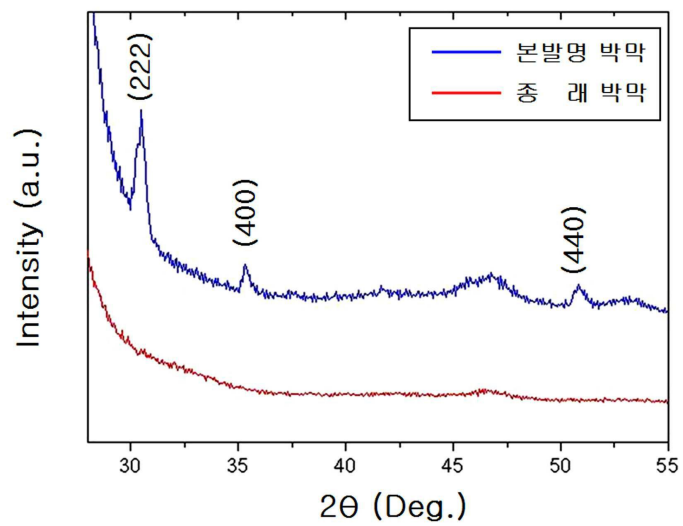
도면1



도면2

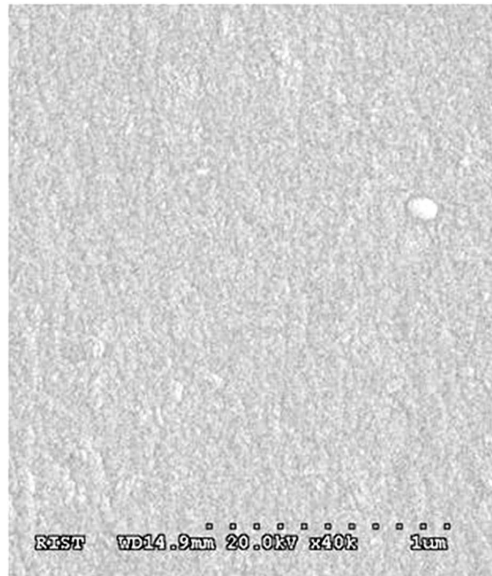


도면3





도면4a



도면4b

