(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0025361
(43) 공개일자 2018년03월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0392 (2006.01) *C23C 14/00* (2018.01)
H01L 31/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/0392 (2013.01)
C23C 14/00 (2018.01)
(21) 출원번호 10-2016-0110249
(22) 출원일자 2016년08월29일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
윤정흠
경상남도 김해시 월산로 26 석봉마을 6단지 대동아파트
이건환
경기도 평택시 포승읍 석정리 990
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이지

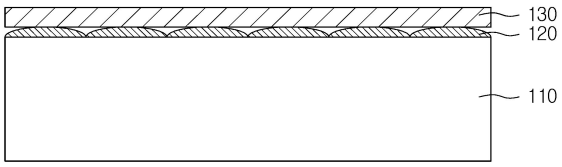
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 **이중층 금속 박막 기판 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 이중층 금속 박막 기판 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 상세하게는 기판; 및 상기 기판 상에 형성되며 금속으로 구성되는 금속 박막;을 포함하되, 넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들이 아일랜드형으로 형성되고 기판 표면에서 연속 박막을 형성하지 않는 층인 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막이 형성된 구조를 가지는 이중층 금속 박막 기판에 관한 것이다. 본 발명에 의한 이중층 금속 박막 기판은 성장초기부터 2차원 연속 금속 박막으로 성장된 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막을 형성하여 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막을 제공하는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 31/18 (2013.01)
H01L 31/1868 (2013.01)
Y02E 10/50 (2013.01)
(72) 발명자
이성훈
경상남도 창원시 마산회원구 팔용로 215 102동 204호 (구암동,중앙하이츠)
조국경
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNE1650
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 신재생에너지기술개발사업
연구과제명 진공단열보드(VIP)를 적용한 냉,난방 시스템용 고효율 평판 태양열 집열기 개발(2/3)
기 여 율 40/100
주관기관 (주)탑솔
연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK4731
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 전기변색용 대면적 투명전도성 박막 제조기술(2/3)
기 여 율 60/100
주관기관 국가과학기술연구회
연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판; 및

상기 기판 상에 형성되며 금속으로 구성되는 금속 박막;을 포함하되,

넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들이 아일랜드형으로 형성되고 기판 표면에서 연속 박막을 형성하지 않는 층인 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막이 형성된 구조를 가지는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 2

기판; 및

상기 기판 상에 형성되며 금속으로 구성되는 금속 박막;을 포함하되,

넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들이 아일랜드형으로 형성되고 기판 표면에서 연속 박막을 형성하지 않는 층인 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막이 형성된 구조를 가지고,

상기 금속 박막은 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)을 통하여 형성되며,

상기 PVD 공정 가스는 산소(O_2)를 포함하는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 아일랜드형 금속중간층은 두께가 4nm 미만인 이중층 금속 박막 기판.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막 및 아일랜드형 중간층은 각각 구리(Cu), 구리합금, 은(Ag), 및 은합금 중에서 선택되는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 금속이 구리 또는 구리합금인 경우,

상기 금속 박막의 두께가 10nm 이하에서 상기 금속 박막의 I(111)/I(200)이 20 이상인 이중층 금속 박막 기판.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 금속 박막이 은 또는 은합금인 경우,

상기 금속 박막의 두께가 10nm 이하에서 상기 금속 박막의 I(111)/I(200)이 40 이상인 이중층 금속 박막 기판.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막의 두께는 0nm 초과, 40nm 이하인 이중층 금속 박막 기판.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 기판은 투명 폴리머 기판인 이중층 금속 박막 기판.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 기판은 전도성 산화물 또는 질화물을 포함하는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막 기판은 35Ω/sq 이하의 면저항을 가지는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막 기판은 80% 이상의 광투과도를 가지는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 기판 및 상기 금속 박막 사이에 형성되는 중간층;을 더 포함하는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막 상에 형성되는 보호층;을 더 포함하는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 금속 박막은 산소로 도핑되는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 15

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막은 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 공정가스로 한 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 형성되는 이중층 금속 박막 기판.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 금속 박막이 구리 또는 구리합금을 포함할 경우, 상기 공정 가스는 아르곤(Ar) : 산소(O_2)가 45 : 0.1 내지 1.0의 비율인 이중층 금속 박막 기판.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 금속 박막이 은 또는 은합금을 포함할 경우, 상기 공정 가스는 아르곤(Ar) : 산소(O_2)가 45 : 2 내지 10의

비율인 이중층 금속 박막 기판.

청구항 18

제1항 또는 제2항에 기재된 이중층 금속 박막 기판을 포함하는 물품.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 물품은 디스플레이용 투명 전극, 편광판, 태양전지용 투명 전극, 저방사코팅, 투명히터용 전극, 또는 반도체용 미세금속전극인 물품.

청구항 20

기판을 준비하는 단계;

상기 기판 상에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들이 아일랜드형으로 형성된 층인 아일랜드형 금속중간층을 형성하는 단계; 및

상기 아일랜드형 금속중간층 상에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 금속 박막을 형성하는 단계;를 포함하되,

상기 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)의 공정 가스는 산소(O_2)를 포함하는 이중층 금속 박막 기판의 제조방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 아일랜드형 금속중간층은 넥 그로스를 포함하는 아일랜드 형으로써 기판 표면에서 연속 박막을 형성하지 않는, 두께가 4nm 미만인 이중층 금속 박막 기판의 제조방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)의 공정 가스는 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 포함하는 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법.

청구항 23

제20항에 있어서,

상기 금속 박막이 구리 또는 구리합금을 포함할 경우, 상기 공정 가스는 아르곤(Ar) : 산소(O_2)가 45 : 0.1 내지 1.0의 비율인 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법.

청구항 24

제20항에 있어서,

상기 금속 박막이 은 또는 은합금을 포함할 경우, 상기 공정 가스는 아르곤(Ar) : 산소(O_2)가 45 : 2 내지 10의 비율인 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법.

청구항 25

제20항에 있어서,

상기 기판 및 상기 금속 박막 사이에 중간층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법.

청구항 26

제20항에 있어서,

상기 금속 박막 상에 보호층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법.

청구항 27

제20항에 있어서,

상기 금속 박막을 형성하는 단계는 100℃ 이하에서 수행되는 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이중층 금속 박막 기판 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 은(Ag) 및 구리(Cu)를 재료로 하는 금속 박막은 뛰어난 높은 전도성, 높은 가시광 영역 내지 낮은 적외선영역의 광투과율과 같은 광전특성을 가지며 투명 전도막, 광센서, 스마트 윈도우 등에 적용되고 있다.

[0003] 이러한 적용에 있어서 광흡수와 반사를 억제하면서 뛰어난 전기전도성의 특성이 요구되는데, 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 부도체, 반도체 및 도체를 포함하는 다양한 무기물 기판에 수십 nm는 물론 수 nm의 범위에서도 연속적으로 형성된 금속 박막에 대한 기술이 필요하다.

[0004] 그러나, 기판 상에서 금속의 초기 성장 거동은 기판 상에서 금속의 낮은 젖음성(low wettability)으로 인해 금속이 2차원 연속박막 형태가 아닌 3차원 입자형태로 성장하게 된다. 이는 기판과 금속간의 결합력보다 금속과 금속간의 결합력이 높음에 기인한다. 이러한 특징은 귀금속(noble metal)인 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag) 및 고전도성 금속인 구리(Cu), 니켈(Ni), 알루미늄(Al) 등에서 발생한다.

[0005] 기판 상에서의 금속의 이러한 성장 특성은 성장 초기부터 2차원 연속 금속 박막이라는 요구조건을 만족시키기는 어렵고 연속 금속 박막을 형성하기 위해서는 일정 이상의 두께가 요구되었다.

[0006] 이러한 금속의 성장거동을 제어하기 위하여, (1) 금속과의 젖음성과 결합력이 높은 기판을 사용, (2) 금속의 증착 전 기판 상에 시드(seed) 금속 박막층의 형성, (3) 증착 속도 및 온도의 조절, (4) 미량의 타금속(Al, Ca 등)을 도핑한 금속, (5) 금속에 미량의 산소의 도핑 등이 사용되어져 왔다.

[0007] 이상에서와 같이 금속의 3차원 성장 거동을 억제하기 위한 종래 기술은 기판 표면을 조절/변경하거나 성장되는 물질이 제한되는 특성이 있었다.

[0008] 한편, 미량의 타금속을 도핑할 경우 은(Ag) 및 구리(Cu)에 비해 전도성과 광투과율이 낮은 타금속의 함유로 인한 특성 저하를 감수해야 하였으며 금속에 미량의 산소를 도핑 할 경우, 대면적으로 균일한 특성을 확보하기에는 공정상 어려움이 있었다.

[0009] 투명 금속 박막과 관련된 특허문헌으로는 한국 공개특허 제10-2012-0097451호가 있다. 본 특허문헌은 산화아연계 투명 도전 박막의 조성을 조절함으로써 높은 도전성 및 광투과율을 얻는 기술에 관하여 기재하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 금속의 성장 초기에 2차원으로 성장하여 형성된 아일랜드형 금속중간층(Interlayer) 상에 연속 금속 박막을 형성하여 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막이 형성되는 이중층 금속 박막 기판을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명은 성장 초기부터 2차원으로 성장한 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막을 형성하여 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막이 형성되는 이중층 금속 박막 기판의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 더욱 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 측면에 의하면, 기판; 및 상기 기판 상에 형성되며 금속으로 구성되는 금속 박막;을 포함하되, 넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들이 아일랜드형으로 형성되고 기판 표면에서 연속 박막을 형성하지 않는 층인 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막이 형성된 구조를 가지는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0014] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 기판; 및 상기 기판 상에 형성되며 금속으로 구성되는 금속 박막;을 포함하되, 넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들이 아일랜드형으로 형성되고 기판 표면에서 연속 박막을 형성하지 않는 층인 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막이 형성된 구조를 가지고, 상기 금속 박막은 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)을 통하여 형성되며, 상기 PVD 공정 가스는 산소(O_2)를 포함하는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 아일랜드형 금속중간층은 두께가 4nm 미만인 이중층 금속 기판이 제공된다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속이 구리(Cu), 구리합금, 은(Ag), 및 은합금 중에 선택되는 하나인 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속이 구리 또는 구리합금인 경우, 상기 금속 박막의 두께가 10nm 이하에서 상기 금속 박막의 I(111)/I(200)이 20 이상인 이중층 금속 박막 기판.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막이 은 또는 은합금인 경우, 상기 금속 박막의 두께가 10nm 이하에서 상기 금속 박막의 I(111)/I(200)이 40 이상인 이중층 금속 박막 기판.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속이 구리 또는 구리합금인 경우, 상기 금속 박막의 두께가 12nm 이하인 경우 상기 금속 박막의 (111)면의 배향도(Degree of preferred orientation, p(111))가 1.8 이상인 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 두께는 0nm 초과, 40nm 이하인 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기판은 투명 폴리머 기판인 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기판은 전도성 산화물 또는 질화물을 포함하는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막 기판은 35Ω/sq 이하의 면저항을 가지는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막 기판은 80% 이상의 광투과도를 가지는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기판 및 상기 금속 박막 사이에 형성되는 중간층;을 더 포함하는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막 상에 형성되는 보호층;을 더 포함하는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막은 산소로 도핑되는 것을 특징으로 하는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막은 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 공정가스로 한 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 형성되는 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막이 구리 또는 구리합금을 포함할 경우, 상기 공정 가스는 아르곤(Ar) : 산소(O_2)가 45 : 0.1 내지 1.0의 비율인 이중층 금속 박막 기판이 제공된다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막이 은 또는 은합금을 포함할 경우, 상기 공정 가스는 아르곤(Ar)

: 산소(O_2)가 45 : 2 내지 10의 비율인 이중층 금속 박막 기판이 제공된다..

[0031] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 상기 이중층 금속 박막 기판을 포함하는 물품이 제공된다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 물품은 디스플레이용 투명 전극, 편광판, 태양전지용 투명 전극, 저방사코팅, 투명히터용 전극, 또는 반도체용 미세금속전극인 물품이 제공된다.

[0033] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 기판을 준비하는 단계; 상기 기판 상에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들이 아일랜드형으로 형성된 층인 아일랜드형 금속중간층을 형성하는 단계; 및 상기 아일랜드형 금속중간층 상에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 금속 박막을 형성하는 단계;를 포함하되, 상기 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)의 공정 가스는 산소(O_2)를 포함하는 것을 특징으로 하는 이중층 금속 박막 기판의 제조방법이 제공된다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 아일랜드형 금속중간층은 넥 그로스를 포함하는 아일랜드 형으로써 기판 표면에서 연속 박막을 형성하지 않는, 두께가 4nm 미만인 층인 이중층 금속 박막 기판의 제조방법이 제공된다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)의 공정 가스는 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 포함하는 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막이 구리 또는 구리합금을 포함할 경우, 상기 스퍼터링 공정의 공정 가스는 아르곤(Ar) : 산소(O_2)가 45 : 0.1 내지 1.0의 비율인 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막이 은 또는 은합금을 포함할 경우, 상기 스퍼터링 공정의 공정 가스는 아르곤(Ar) : 산소(O_2)가 45 : 2 내지 10의 비율인 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0038] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기판 및 상기 금속 박막 사이에 중간층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0039] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막 상에 보호층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0040]

[0041] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막을 형성하는 단계는 100℃ 이하에서 수행되는 이중층 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0042] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 본 발명에 의한 금속 박막 기판은 금속의 성장 초기에 2차원으로 성장하여 형성된 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막을 형성하여 광투과율 및 전도성이 우수한 이중층 금속 박막을 제공할 수 있다.

[0043] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 본 발명에 의한 금속 박막 기판의 제조방법은 금속 박막 성장 초기부터 2차원 연속 금속 박막으로 성장을 효율적으로 유도할 수 있어 성장 초기부터 2차원으로 성장한 아일랜드형 금속중간층 상에 연속 금속 박막을 형성하여 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막을 대면적으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0044] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판의 내부 구성을 보인 종단면도이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 금속 박막 기판의 내부 구성을 보인 종단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판의 제조방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

도 4는 일반적인 금속의 성장패턴(I)과 본 발명의 의한 금속의 성장패턴(II)을 비교한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 두께에 대한 금속 박막의 배향성을 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 두께에 대한 금속 박막의 배향도를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스의 유량 및 은 박막의 두께에 대한 금속 박막의 배향성을 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 산소가스를 도입에 따른 배향성을 비교하여 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 은 금속 박막의 은 박막 두께에 대한 결정크기를 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스로 산소가스를 도입한 이중층 은 금속 박막 두께에 대한 격자변형(Lattice strain)을 보여주는 도면이다.

도 11a는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스의 유량에 대한 구리 박막의 FE-SEM 사진이다.

도 11b는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스의 유량에 대한 이중층 구리 금속 박막의 FE-SEM 사진이다.

도 11c는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스로 산소가스 도입 여부에 대한 이중층 구리 금속 박막의 AFM 사진이다.

도 11d는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스로 산소가스 도입 여부에 대한 구리 박막의 단면 FE-SEM 사진이다

도 11e는 본 발명의 일 실시예에 따라 중간층 및 보호층으로 산화아연을 포함하는 것에 의해 구리 박막의 (200)면에 대하여 (111)면의 배향성이 향상되는 것을 나타낸 고배율 S-TEM 단면 이미지이다.

도 12a, 도 12b 및 도 12c는 공정가스의 유량 및 두께에 따른 이중층 은 금속 박막의 FE-SEM 사진이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막 및 이중층 구리 박막의 두께에 대한 광투과도를 나타낸 도면이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 두께에 대한 반사율(Reflectance)을 나타낸 도면이다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 두께에 대한 광 흡수도를 나타낸 도면이다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 은 박막의 두께에 대한 총 광 투과도를 나타낸 도면이다.

도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 은 박막의 두께에 대한 총 반사율을 나타낸 도면이다.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 은 박막의 두께에 대한 광 흡수도를 나타낸 도면이다.

도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 구리 금속 박막에서 아일랜드형 중간층의 두께에 대한 면저항을 나타낸 도면이다.

도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 구리 금속 박막의 면저항 대비 평균 투과도를 나타낸 도면이다.

도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 은 금속 박막에서 아일랜드형 중간층의 두께에 대한 면저항을 나타낸 도면이다.

도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 은 금속 박막의 면저항 대비 평균 투과도를 나타낸 도면이다.

도 23은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 은 박막의 전기이동도(Mobility)를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0045] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0046] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0047] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되

는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0048] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면 번호에 상관없이 동일한 수단에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용하기로 한다.

[0049] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판의 내부 구성을 보인 종단면도이다.

[0050] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판은 기판(110), 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)을 포함한다.

[0051] 상기 기판(110)은 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)이 성장할 수 있는 모재가 된다.

[0052] 상기 기판(110)은 투명 폴리머 및 유리 중 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이 이에 제한되는 것은 아니다. 본 발명에 의한 금속 박막 기판이 투명 전도막으로 사용되는 경우, 상기 기판(110)은 금속, 전도성 산화물, 또는 전도성 질화물로 이루어진 박막 아래에 투명 폴리머 또는 유리층으로 형성될 수 있다. 따라서 상기 기판(110)이 투명 폴리머로 구성되면 투명 플렉서블 디스플레이 및 플렉서블 태양전지용 투명 전극 등에 유용하게 활용될 수 있다. 따라서, 상기 기판(110)은 PC, PET, PES, PEN, PAR, PI 등을 포함하는 플렉서블 디스플레이 소자용 투명 폴리머가 채택될 수 있다.

[0053] 상기 기판(110)은 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)이 성장할 수 있는 것이라면 어떤 재료이든 사용할 수 있다. 즉, 기판(110)은 유전체, 반도체, 및 도체 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 또한, 상기 기판(110)은 금속, 전도성 산화물, 또는 전도성 질화물을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, Al, Ba, Be, Ca, Cr, Cu, Cd, Dy, Ga, Ge, Hf, In, Lu, Mg, Mo, Ni, Rb, Sc, Si, Sn, Ta, Te, Ti, W, Zn, Zr, 및 Yb로 구성된 군에서 선택된 금속의 산화물(oxide), 질화물(nitride), 산화물-질화물의 화합물(oxynitride) 및 불화 마그네슘(Magnesium fluoride) 중 어느 하나를 이용할 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0054] 바람직하게는, 상기 기판(110)은 배향성(preferred orientation)을 갖는다. 상기 기판(110)의 배향성은 기판(110)에서 성장할 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 배향성에 영향을 미칠 수 있다.

[0055] 상기 아일랜드형 금속중간층(120)은 상기 기판(110) 상에 형성된다. 상기 아일랜드형 금속중간층(120)은 상기 기판(110)의 표면에 넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들(metal cluster, 핵생성을 거치면서 성장한 아주 작은 입자들)이 아일랜드형으로 형성된 층을 의미한다. 넥 그로스(neck growth)는 근접한 금속 입자 내지 클러스터들간에 넥-라이크 브리지(neck-like bridge)로 연결되어 성장하는 것을 의미한다. 이에 한정되는 것은 아니나, 상기 아일랜드형 금속중간층(120)은 성장 초기부터 2차원 성장하여 , 넥 그로스를 포함하는 아일랜드형으로써, 기판 표면에서 연속 박막을 형성하지 않는 4nm 미만의 두께로 형성되는 것이 적합하다. 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 상에 연속 금속 박막(130)을 형성하면 연속 금속 박막(130) 성장 초기부터 2차원 성장이 유도되어 균일하고 대면적으로 연속 금속 박막(130)을 효율적으로 형성할 수 있다.

[0056] 일반적으로 금속은 상기 기판(110) 상에 금속의 낮은 젖음성으로 인하여 2차원 연속박막이 아닌 3차원 입자로 성장하려는 거동을 보인다. 본 발명에 의하면 이러한 금속의 성장거동은 아일랜드형 금속중간층(120)을 이용하여 성장 초기에 형성되는 금속의 배향성의 조절을 통하여 제어할 수 있다.

[0057] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 각각 구리(Cu), 구리합금, 은(Ag), 및 은합금 중에서 선택될 수 있다. 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 동일한 금속 또는 이종 금속으로 형성될 수 있어, 다양한 조합이 가능하다. 또한, 구리 합금 및 은합금은 알루미늄, 크롬 또는 니켈을 포함할 수 있고, 불가피한 불순물을 함유하는 것을 포함한다.

[0058] 상기 은(Ag), 은 합금, 구리(Cu) 및 구리 합금의 종래의 일반적인 성장거동을 배향성 측면에서 살펴보면 초기에는 (111)면뿐만 아니라 그 외의 면들도 발달한다. 이후 은(Ag), 은 합금은 박막의 두께가 두꺼워짐에 따라 (200)면에 대한 (111)면의 비율이 점점 높아지게 된다. 본원발명의 이중층 금속박막의 경우 이러한 성장거동에 변화를 주어 성장 초기부터 은(Ag), 은 합금, 구리(Cu) 및 구리 합금의 (111)면이 그 외의 면에 비해 우세하게 성장하도록 할 수 있다. 상기 금속 박막이 은 또는 은합금으로 형성되는 경우 (200)면에 대한 (111)면의 비율이 상기 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 급격히 감소한다.

[0059] 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 (111) 성장 방향을 가진 (111) 면이 우세한 것은 빠른 초기 연속 금속 박막 형성 시 유리한데, 본 발명의 금속 박막 기판은 상기 금속 박막(120)의 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율이 상대적으로 높고 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 감소하는 특징으로 가진다. 종래

기술에 의한 금속 박막의 경우 (111) 면의 전체 결정면에 대한 비율이 상대적으로 낮고 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 증가한다. 따라서 본 발명의 금속 박막 기판은 완전히 상반되는 경향을 나타내고, 상대적으로 얇은 두께로 형성된 우수한 연속 금속 박막을 가진다.

[0060] 박막의 배향도는 다결정질 섬유 조직(polycrystalline fiber texture) 분석을 위한 해리스 방법을 이용하여 broad scan의 피크 강도(peak intensity)로 계산되었다(참고문헌 1997 john wiley & son. ltd). 따라서, p(111)은 하기 식에 의해 정의된다.

[0061] $$p(111) = N\left[\frac{I(111)}{I_0(111)}\right] \cdot \left[\sum \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}\right]^{-1}$$

[0062] 여기서, N은 피크의 수이고, hkl은 밀러지수이고, I(*hkl*)은 측정된 (*hkl*) 피크 강도(intensity)이고 I_0(hkl)은 파우더형 레퍼런스(reference)의 비교되는 피크의 강도이다.

[0063] (111)면의 배향도(degree of preferred orientation)란 (111)면의 발달 정도를 나타내는 척도로, p(111) > 1 이면 (111)면이 주로 발달함을 나타내고, p(111) < 1 이면, (111)면 이외의 면들이 발달함을 나타낸다.

[0064] 본 발명의 I(111)/I(200)는 XRD의 2theta-omega scan으로부터 측정된 (111)과 (200) 결정질 피크(crystalline peak)의 강도(intensity)로부터 결정된 I(111)과 I(200)의 비로 계산하였다.

[0065] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속이 구리 또는 구리합금인 경우 상기 금속 박막의 I(111)/I(200)이 20 이상일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 두께가 상대적으로 얇은 상태에서 I(111)/I(200)이 높아 우수한 연속 금속 박막을 가진다. 이에 제한되는 것은 아니나, 금속 박막의 두께가 10nm 이하인 경우, I(111)/I(200)이 20 이상으로 높아 초기 아일랜드형 금속중간층 형성에 유리하다.

[0066] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속이 은 또는 은합금인 경우 상기 금속 박막의 I(111)/I(200)이 30 이상일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 두께가 상대적으로 얇은 상태에서 I(111)/I(200)이 높아 우수한 연속 금속 박막을 가진다. 이에 제한되는 것은 아니나, 금속 박막의 두께가 10nm 이하인 경우, I(111)/I(200)이 40 이상으로 높아 초기 아일랜드형 금속중간층 형성에 유리하다.

[0067] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 두께는 0nm 초과, 40nm 이하일 수 있다. 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 두께는 0nm 초과, 24nm 이하가 바람직하고, 14nm 이하가 더 바람직하고, 12nm 이하가 더욱더 바람직하고, 10nm 이하가 더욱더 바람직하고, 8nm 이하가 더욱더 바람직하다. 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 투광도가 저하되지 않도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0068] 이에 제한되는 것은 아니나, 본 발명에 의한 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율이 상대적으로 높아 초기 연속 금속 박막의 2차원적 성장이 유도되어, 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)이 얇은 두께에서도 낮은 조도를 가지는 것을 특징으로 한다.

[0069] 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 공정 가스로 산소(O_2)를 포함하는 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 형성될 수 있다. 따라서, 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 산소를 함유하고 있을 수 있다.

[0070] 구리(Cu), 구리 합금, 은(Ag), 및 은 합금의 성장 초기에 (111)면이 발달하는 특성은 기판(110)의 배향성에 따라 더욱 강화될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 기판(110)은 산화아연(ZnO)을 포함한다. 산화아연(ZnO)는 폴리머와 유리, 실리콘 웨이퍼(Si wafer)에 비해 귀금속(noble metal) 및 고전도성 금속의 젖음성이 좋은 물질로 알려져 있다. 산화아연(ZnO)은 (002)면이 주로 발달하며 이는 은(Ag) 및 구리(Cu)의 (111)면과 같은 성장 방향성을 가진다. 즉, 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)이 초기 성장 시에 기판(110)의 배향성에 상응하여 형성되도록 제어하는 것이다.

[0071] 본 발명의 실시예에서는 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)으로 은(Ag) 및 구리(Cu)을 사용하였으나, 이에 제한되는 것은 아니며 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 은 합금, 구리 합금과 같이 상술한 배향성에 관한 특성을 지닌 금속 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0072] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 금속 박막 기판의 내부 구성을 보인 종단면도이다.

[0073] 도 2의 (a)를 참조하면, 본 발명의 제2실시예에 따른 금속 박막 기판은 중간층(140)을 더 포함할 수 있다. 도 2의 (b)를 참조하면, 본 발명의 제3실시예에 따른 금속 박막 기판은 보호층(150)을 더 포함할 수 있다. 도 2의 (c)를 참조하면, 본 발명의 제4실시예에 따른 금속 박막 기판은 기판(110), 중간층(140), 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130) 및 보호층(150)을 포함한다. 예를 들어, 상기 금속 박막 기판은 투명 무기물층-금속 박막-투명 무기물층 구조로 적층되어 형성된 투명 전도성 박막일 수 있다.

[0074] 상기 중간층(140)은 상기 기판(110)과 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 사이에 형성된다. 상기 중간층(140)은 산화아연(ZnO), ITO(Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), AZO(Al-doping Zinc Oxide), GZO(Ga-doping Zinc Oxide), IGZO, ATO, 및 TiO_2 중 어느 하나로 이루어질 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 중간층(140)은 상기 기판(110)에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)으로 투명하게 형성되며, 20~200nm의 두께를 가질 수 있다. 상기 중간층(140)은 상기 기판(110)의 투광도를 유지하면서 전기전도도를 높일 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0075]

[0076] 바람직하게는, 상기 중간층(140)은 금속의 젖음성이 좋은 물질을 포함한다. 상기 중간층(140)은 본 발명의 일 실시예에서의 기판(110)의 역할을 대체할 수 있는 것이다. 상기 중간층(140)은 상기 기판(110)이 유리나, 폴리머 재질과 같은 경우에 배향성을 갖는 산화아연(ZnO)과 같은 물질을 포함하도록 하여 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 성장특성에 영향을 미치도록 할 수 있다.

[0077] 상기 보호층(150)은 상기 연속 금속 박막(130) 상에 형성되며, 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 산화를 방지하고 물리적 손상을 방지하는 역할을 한다. 상기 보호층(150)은 산화아연(ZnO), ITO, IZO, AZO, GZO, IGZO, ATO, 및 TiO_2 중 어느 하나로 이루질 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 보호층(150)은 상기 기판(110)에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)으로 투명하게 형성되며, 20~200nm의 두께를 가질 수 있다. 상기 중간층(140)은 상기 기판(110)의 투광도를 유지하면서 전기전도도를 높일 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 보호층(150)은 산화아연(ZnO)으로 형성하였다.

[0078] 또한, 상기 중간층(140)과 상기 보호층(150)은 동일 재료로 구성될 수도 있고 이종의 재료로 구성될 수도 있다.

[0079] 본 발명에 의한 금속 박막 기판은 도 2에서 살펴본 바와 같이 금속박막(120), 중간층(140) 및 보호층(150)의 다양한 조합으로 구성이 가능하다.

[0080] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 35Ω/sq 이하의 우수한 면저항을 가질 수 있다.

[0081] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 80% 이상의 광투과도를 가질 수 있다. 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 가시광선 영역(650-800nm)에서는 95% 이상의 광투과도를 가질 수 있다.

[0082] 상술한 바와 같이, 본 발명에 의한 금속 박막 기판은 금속 박막 형성 초기에 우수한 2차원 연속 금속 박막의 형성으로 전기전도도, 및 광투과도 특성 등이 우수하여 다양한 응용 분야의 물품에 활용될 수 있다.

[0083] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 디스플레이용 투명 전극, 편광판, 태양전지용 투명 전극, 저방사코팅, 투명히터용 전극, 또는 반도체용 미세금속전극에 활용될 수 있다.

[0084] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판의 제조방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

[0085] S210 단계에서는 기판(110)을 형성한다. 상기 기판(110)은 중간층(140)이 없는 경우 산화아연(ZnO)을 포함하도록 형성할 수도 있으나, 이에 제한되지 않으며 상술한 다양한 소재를 사용할 수 있다.

[0086] S220 단계에서는 스퍼터링 공정에 사용될 공정가스의 유량을 결정한다.

[0087] S230 단계에서는 아일랜드형 금속중간층(120)을 형성한다.

[0088] S240 단계에서는 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 상에 연속 금속 박막(130)을 형성한다.

[0089] 본 발명의 일 실시예에서 금속 박막(130)은 금속을 스퍼터링 타겟으로 하는 스퍼터링 공정에 의해 형성되며 공정가스는 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 포함한다.

[0090] 본 발명의 일 실시예에서 상기 금속은 구리(Cu), 구리 합금, 은(Ag), 및 은 합금 중 선택되는 것이며, 공정가스의 유량은 상기 금속 박막이 초기 성장 시에 상기 기판의 배향성에 상응하는 배향성을 갖도록 결정될 수 있다. 본 발명에서 배향성에 대한 의미는 모든 결정면이 동일한 방향으로 형성되는 것을 의미하는 것이 아니라 결정면 중에 어느 하나 이상의 결정면이 전체 결정면에 비해 그 비율이 증가 또는 감소한다는 의미로 사용된다.

[0091] 실험 내지 이론적 계산을 통하여 공정가스의 유량에 따라 금속의 배향성이 어떻게 변화하는지 예측할 수 있으며, 이러한 배향성에 상응하도록 공정가스의 유량을 결정할 수 있게 된다.

[0092] 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 증착에 있어서 공정가스를 아르곤(Ar) 한 종만을 사용하지 않고 산소(O_2)를 추가로 주입하였다. 산소(O_2)의 주입은 스퍼터링 공정의 플라즈마 환경을 변화시키기는 하지만 산소성분 자체가 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 전도성, 투과성과 같은 광전 특성에는 영향을 미치지 않는다.

[0093] 상기 산소(O_2)의 주입은 증착되는 은(Ag), 은 합금, 구리(Cu) 및 구리 합금의 초기 성장 시 (111)면의 발달을 유도한다. 이러한 특성은 상술한 바와 같이 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)을 형성함에 있어 매우 얇은 두께에서도 2차원 연속박막의 성장이 가능하게 한다.

[0094] 다른 측면에서, 산소(O_2)의 주입은 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)이 기판(110)의 배향성에 상응하는 배향성을 갖도록 유도한다. 또한, 산소(O_2)는 최종 생성물에는 최종 생성물의 구조에는 영향을 미친다. 그리고, 이때 증착되는 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 상기 기판(110)의 배향성에 의존하는 특성이 있으며 기판(110)의 배향성에 상응하는 배향성을 갖도록 형성될 수 있다.

[0095] 한편, 산소(O_2)는 초기 스퍼터링 공정에서 금속과 상대적으로 활발하게 결합할 수 있어, 형성되는 금속 박막의 두께에 따라 잔존하는 산소(O_2)의 함유량은 차이가 있을 수 있다.

[0096] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막이 구리 또는 구리합금을 포함할 경우, 상기 스퍼터링 공정의 공정 가스는 아르곤(Ar) : 질소(N_2)가 45 : 0.1 내지 1.0의 비율을 가진다. 상기 금속 박막이 은 또는 은합금을 포함할 경우, 상기 스퍼터링 공정의 공정 가스는 아르곤(Ar) : 질소(N_2)가 45 : 2 내지 10의 비율을 가진다. 상기 범위에서 은(Ag), 구리(Cu)의 초기 성장 시 (111)면의 발달을 효율적으로 유도할 수 있다.

[0097] 상기와 같은 공정 가스의 제어로 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)의 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율은 상기 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라 감소하는 특징을 가진다.

[0098] 상기 아일랜드형 금속중간층(120)의 배향성이 기판(110)에 의존하는 특성은 금속이 은(Ag) 또는 구리(Cu)를 포함하고, 기판(110)이 산화아연(ZnO)을 포함하는 경우 더욱 두드러진다.

[0099] 상기 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)을 형성하는 단계는 100℃이하에서 수행될 수 있고, 바람직하게는 실온에서 수행될 수 있다.

[0100] 본 발명의 일 실시예에서 중간층(140)은 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)으로 형성하였으며, 스퍼터링 타겟(sputtering targer)으로 산화아연(ZnO)을 사용하였다.

[0101] 상기 중간층(140)은 초기 진공도가 3^{-6} Torr 이하에서 진공챔버 내부에 아르곤(Ar) 가스를 주입하고 작업 진공도 3^{-3} Torr에서 4 inch 산화아연(ZnO) 스퍼터링 타겟에 200 W의 RF 전력을 인가하여 증착하였다.

[0102] 상기 중간층(140)의 증착조건은 다음과 같다.

[0103] 상기 중간층(140) 증착조건

[0104] -스파터링 타겟: 산화아연(ZnO) (4 inch)

[0105] -작업 가스: Ar (100%, 45sccm)

[0106] -작업진공도: 3^{-3} Torr

[0107] -RF전력: 200W

[0108] -코팅속도: 0.12 nm/sec

[0109] -특성: n-type

[0110] 본 발명의 일 실시예에서 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)은 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)으로 형성하였으며, 스퍼터링 타겟(sputtering targer)으로 은(Ag) 및 구리(Cu)를 사용하였다.

[0111] 상기 연속 금속 박막(130)의 증착조건은 다음과 같다.

[0112] 상기 연속 금속 박막(130) 증착조건

[0113] -스파터링 타겟: 구리(Cu) / 은(Ag) (4 inch)

[0114] -공정 가스: 아르곤(Ar) : 질소(N_2) (45 : 0.1-1.0 sccm) / (45 : 2-10 sccm)

[0115] -작업진공도: 3^{-3} Torr

[0116] -DC전력: 50W

[0117] -온도(℃) : 실온

[0118] -코팅속도: ~0.18-~0.16 nm/sec

[0119] 상기 보호층(150)은 중간층(140)과 동일한 재료로 형성하였으며, 스퍼터링 공정을 이용하여 증착조건도 동일하게 하였다.

[0120] 도 4는 일반적인 금속의 성장패턴과 본 발명의 의한 금속의 성장패턴을 비교한 도면이다.

[0121] 도 4의 (I)은 일반적인 금속의 성장패턴을 나타낸다. 도 4의 (I)에 도시된 바와 같이 미세입자들로 형성된 금속은 Ostwald Ripening 내지 Cluster migration 이라는 과정을 통하여 상호 결합되어 성장한다. 이러한 성장특성은 초기 성장 시 2차원 연속박막을 만족시키지 못한다. 도 4는 금속의 성장을 개념적으로 나타나기 위한 것으로 기판 상의 화살표가 실제 입자의 이동을 나타내는 것은 아니고 동일한 위치에서의 시간의 흐름에 따른 성장을 의미한다.

[0122] 도 4의 (II)는 본 발명에 의한 금속의 성장패턴을 나타낸다. 초기 성장에서부터 (I)에서와 같은 Ostwald Ripening 내지 Cluster migration을 통한 입자의 형성은 억제되고, 기판 표면에서 이동이 억제된 근접한 입자간에 연결(bridge)을 통한 넥그로스(neck growth) 성장 거동을 보인다.

[0123] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 두께에 대한 금속 박막의 배향성을 나타낸 도면이다.

[0124] 도 5는 기판(110)으로 산화아연(ZnO), 금속 박막(120)으로 구리(Cu)가 사용된 결과이며, 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)의 유량은 각각 45:0 sccm, 45:0.4 sccm를 사용하였다.

[0125] 결정면은 Nominal thickness-based 측정 결과로 이를 살펴보면, 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용하였을 때는 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라, (200)면 대비 (111)면이 큰 차이를 보이고 있지 않았다.

[0126] 이에 비해, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 사용하였을 때에는 성장 초기부터 (111)면이 급격히 증가하였고, 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라 (111)면의 비율이 급격히 감소하여 (200)면 대비 (111)면이 보다 큰 차이를 보였다.

[0127] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 두께에 대한 금속 박막의 배향도를 나타낸 도면이다.

[0128] (111)면의 배향도(degree of preferred orientation)란 (111)면의 발달 정도를 나타내는 척도로, p(111) > 1 이면 (111)면이 주로 발달함을 나타내고, p(111) < 1 이면, (111)면 이외의 면들이 발달함을 나타낸다.

[0129] 도 6은 기판(110)으로 산화아연(ZnO), 금속 박막(120)으로 구리(Cu)가 사용된 결과이며, 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)의 유량은 각각 45:0 sccm, 45:0.4 sccm을 사용하였다.

[0130] 결정면은 Nominal thickness-based 측정 결과로 이를 살펴보면, 도 5에서의 결과와 유사하게, 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용하였을 때는 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라, (111)면이 감소하였으나 큰 차이를 보이지 않았다.

[0131] 이에 비해, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 사용하였을 때에는 성장 초기부터 (111)면이 발달하였고, 금

속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라 (111)면의 비율이 보다 큰 차이를 보이며 감소하였다.

[0132] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스의 유량 및 은 박막의 두께에 대한 금속 박막의 배향성을 나타낸 도면이다.

[0133] 도 7은 기판(110)으로 산화아연(ZnO), 금속 박막(120)으로 은(Ag)이 사용된 결과이며, 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)의 유량은 각각 45:0 sccm, 45:4 sccm, 45:8 sccm을 사용하였다.

[0134] 결정면은 Nominal thickness-based 측정 결과로 이를 살펴보면, 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용하였을 때는 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라, (200)면 대비 (111)면이 소폭 증가하는 그래프를 보이며 큰 차이를 보이고 있지 않았다.

[0135] 이에 비해, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 사용하였을 때에는 성장 초기부터 (111)면이 급격히 증가하였고, 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라 (111)면의 비율이 보다 큰 차이를 보이며 급격히 감소하였다.

[0136] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 산소가스를 도입에 따른 배향성을 비교하여 나타낸 도면이다.

[0137] 도 8은 X-ray diffraction 측정 결과로, 이를 통해 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용하였을 경우에 비해, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 사용하였을 경우에 보다 (200)은 감소하고 (111)면은 발달되는 것을 확인하였다.

[0138] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 은 금속 박막의 은 박막 두께에 대한 결정크기를 나타낸 도면이다.

[0139] 도 9는 본 발명에 의한 금속 박막을 2theta scan하여 FWHM으로부터 계산한 결정크기(crystallite size)(nm)를 나타낸다.

[0140] 도 9를 참조하면, 본 발명의 이중층 은 금속 박막이 은 박막에 비해 작은 결정 크기를 가지는 것은 확인할 수 있다.

[0141] 높은 광학적 및 전기적 특성을 발현하는 본 발명의 이중층 은 금속 박막의 일 실시예 조건들의 결정 크기는 은 금속 박막에 비해 작다. 특히, 이는 8nm 이하의 두께에서 현저하게 나타난다.

[0142] 도 9를 통해, 본 발명의 금속 클러스터들은 성장 중에 크기 증가를 억제하고, 안정적인 클러스터 입자들 간에 연결(bridge)을 형성하여 넥 그로스(neck growth)하는 것으로 2차원적인 성장을 하는 것에 의해 결정의 크기가 작게 형성됨을 알 수 있다.

[0143] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스로 산소가스를 도입한 이중층 은 금속 박막 두께에 대한 격자변형(Lattice strain)을 보여주는 도면이다.

[0144] 도 10은 은 박막 기판의 두께가 12nm보다 작을 경우 산소를 함유한 은 박막을 포함하는 이중층 박막 기판이 산소를 함유하지 않은 은 박막 기판보다 격자 변형률이 높은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 두께가 작을수록 산소를 함유한 구리 박막 기판이 산소를 함유하지 않은 구리 박막 기판보다 격자 변형률이 높은 것을 확인할 수 있다.

[0145] 도 11a는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스의 유량에 대한 구리 박막의 FE-SEM(Model S-5500, Hitachi Co) 사진이다.

[0146] 도 11a는 기판(110)으로 산화아연(ZnO), 연속 금속 박막으로 구리(Cu)가 사용된 결과이며, 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)의 유량은 각각 50:0 sccm, 50:0.4 sccm를 사용하였다.

[0147] 다만, 정확하게는 도 11a에서는 구리 박막(120)의 성장 전의 형태부터 공정가스로 산소를 도입한 박막이 연속박막을 이룰 때까지의 모폴로지를 보여준다.

[0148] 금속의 수직두께(nominal thickness)가 1.0nm인 경우, 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용한 경우는 입자들이 개별적으로 성장하고 서로 연결이 되지 않는 성장거동을 보이며, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 사용하였을 때 비교적 큰 금속 클러스터(metal cluster, 핵생성을 거치면서 성장한 아주 작은 입자들)를 보임을 알 수 있다.

[0149] 금속의 수직두께(nominal thickness)가 2.0nm인 경우, 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용한 경우는 입자들이 서로 간에 공간을 가지고 일부만 연결되는 성장거동을 보임에 비해, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 사용하였을

때에 금속 입자들이 서로 연결되어 2차원 연속 박막을 형성하려는 성장경향을 보임을 알 수 있다.

[0150] 금속의 수직두께(nominal thickness)가 2.7nm인 경우, 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용한 경우는 독립적인 개개의 금속 클러스터의 크기가 보다 더 성장하여 서로 간에 공간을 가지고 일부만 연결되는 성장거동을 보임에 비해, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)를 사용하였을 때에 금속 입자들이 작은 금속 클러스터를 유지하며 서로 연결되어 2차원 아일랜드형 금속중간층이 형성된 것을 알 수 있다.

[0151] 도 11b는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스의 유량에 대한 이중층 구리 금속 박막의 FE-SEM 사진이다.

[0152] 도 11b는 기판(110)으로 산화아연(ZnO), 아일랜드형 금속중간층(120) 및 연속 금속 박막(130)으로 구리(Cu)가 사용된 결과이며, 아일랜드형 금속중간층을 위한 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)의 유량은 각각 50:0 sccm, 50:0.2 sccm를 사용하였다.

[0153] 금속의 수직두께(nominal thickness)가 2.0nm인 경우, 상기 아일랜드형 금속중간층(120)을 포함하는 본 발명의 실시예는 상기 기판(110)의 표면에 넥 그로스(neck growth) 하는 금속 클러스터들(metal cluster, 핵생성을 거치면서 성장한 아주 작은 입자들)이 관찰된다.

[0154] 금속의 수직두께(nominal thickness)가 3.5nm 내지 5.0nm인 경우 비교예는 연속박막을 형성하지 못하였으나, 실시예는 연속박막을 형성한 것을 확인할 수 있다.

[0155] 도 11c는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스로 산소가스 도입 여부에 대한 표면조도를 비교하여 나타낸 도면이다. 표면조도는 AFM(Atomic Force Microscopy)를 이용하여 측정하였다.

[0156] 공정 가스가 Ar:O_2=50:0.4 sccm으로 투입한 경우, 아르곤(Ar)만을 사용한 경우보다 금속 클러스터가 균일하게 성장하여 표면 조도가 낮아진 것을 알 수 있다.

[0157] 도 11d는 본 발명의 일 실시예에 따른 공정가스로 산소가스 도입 여부에 대한 구리 박막의 단면 FE-SEM(Model S-5500, Hitachi Co) 사진이다.

[0158] 도 11d는 본 발명의 일 실시예로 3.5nm 두께의 구리와 1.0nm 이하의 두께의 Cu(O) 아일랜드형 금속중간층상에 코팅된 3.5nm 두께의 구리를 비교한 결과이다.

[0159] 상기 결과를 보면, 구리 박막에 공정 가스로 아르곤만 사용한 경우는 연속박막을 형성하지 못하였지만, 공정 가스로 산소 및 아르곤을 사용한 경우에는 연속박막을 형성한 것을 알 수 있다.

[0160] 도 11e는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중간층(140) 및 보호층(150)으로 산화아연을 포함하는 것에 의해 구리 박막의 (200)면에 대하여 (111)면의 배향성이 향상되는 것을 나타낸 고배율 S-TEM 단면 이미지이다.

[0161] 도 11e는 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 산소(O_2)의 유량은 50:0.2 sccm를 사용하였다.

[0162] 중간층(140) 및 보호층(150)으로 산화아연을 포함하는 이중층 구리 박막은 산화아연의 (002) 결정성이 아일랜드형 금속중간층(Cu(O))을 거쳐 구리박막의 (111) 결정성으로 영향을 주어 2차원 연속박막의 연속성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0163] 이로부터 상기 아일랜드형 금속중간층(120)은 기존의 중간층 및 보호층 없이 산화아연 기판에서 성장하는 구리 박막에서는 확보할 수 없는 2차원 적층성장(epitaxial growth)이 가능하다.

[0164] 상기 아일랜드형 금속중간층(120)은 기존의 중간층 및 보호층 없이 산화아연 기판은 구리 이중층 박막(Cu-on-Cu(O))에서 구리의 동일 (111) 결정성이 확인되었고, 이로부터 아일랜드형 금속중간층(120)은 공정 가스로 산소를 주입하여도 산화에 의한 결정성의 변화가 관찰되지 않는다.

[0165] 도 12a, 도 12b 및 도 12c는 공정가스의 유량 및 두께에 따른 은 박막의 FE-SEM(Model S-5500, Hitachi Co) 사진이다.

[0166] 도 12a는 Ag, Ag(O_2=4sccm), Ag(O_2=8sccm), 및 Ag(O_2=16sccm)의 모폴로지 비교 시, 2 nm 두께에서 Ag는 다각형의 형태를 이루는 전형적이고 독립적인 개개의 금속 클러스터(metal cluster, 핵생성을 거치면서 성장한 아주 작은 입자들)를 형성하는데 반해, Ag(O_2=4sccm), Ag(O_2=8sccm), 및 Ag(O_2=16sccm)은 이러한 기존의 다각형 구조가 사라지고 그 대신 랜덤 클러스터(random cluster)와 이들을 연결하는 넥-라이크 브리지(neck-like bridge)로 구성되는 것을 알 수 있었다. 3 nm 두께에서 은(Ag)은 여전히 독립적인 개개의 금속 클러스터 상태인 반면에

Ag(O_2=4sccm), Ag(O_2=8sccm), 및 Ag(O_2=16sccm)은 거의 클러스터가 연결된 현상을 보이며, 공정가스로 O_2의 함량을 가장 많이 주입한 Ag(O_2=16sccm)이 ZnO 표면을 가장 많이 덮고 있는 즉, 높은 젖음성(high wettability) 내지 확산(dispersion)을 보이는 것이 확인되었다.

[0167] 도 12b는 공정가스로 아르곤만 도입한 은(Ag) 박막, 및 Ag(O_2=4sccm)의 아일랜드형 중간층을 포함하는 이중층 은 박막을 두께에 따른 모폴로지로 비교하였고, 도 12c는 공정가스로 아르곤만 도입한 은(Ag) 박막, 및 Ag(O_2=8sccm)의 아일랜드형 중간층을 포함하는 이중층 은 박막을 두께에 따른 모폴로지로 비교하였다

[0168] 2 내지 8nm 두께에서 전체적으로 상기 아일랜드형 중간층을 포함하는 이중층 은 박막이 공정가스로 아르곤만 도입한 은 박막보다 빠르게 연속박막을 형성하는 것을 확인할 수 있다.

[0169] 또한, 상기 아일랜드형 중간층의 두께가 두꺼워질수록 더 빠르게 연속 박막을 형성하는 것을 알 수 있다.

[0170] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막 및 이중층 구리 박막의 두께에 대한 광투과도를 나타낸 도면이다.

[0171] 상기 본 발명의 모폴로지 특성으로부터 ZnO/Cu-on-Cu(0)/ZnO (ZnO 산화물 사이에 위치한 이중층 구리 박막 구조) 구조의 광투과 특성 향상을 검증하였다(Optical transmittance UV-Visible-near infrared spectrophotometry, Cary series, Agilent technologies).

[0172] 도 13을 참조하면, 400-800 nm 파장대에서 측정한 총 광투과율 (total transmittance)이 Cu에 비해 Cu-on-Cu(0)가 전파장대에서 높은 것이 확인되었다.

[0173] 주목해야 하는 결과는, Cu의 경우 장파장(550-800 nm)에서 광투과율(optimal transmittance)은 3.5-13 nm의 두께 모두 낮은 광투과도를 보이는 반면에, Cu-on-Cu(0)의 경우는 그 광투과율(optimal transmittance)이 단지 3.5-9.5 nm 두께에서 모두 높은 광투과율을 나타낸다. 따라서, Cu에 비해 Cu-on-Cu(0)이 광투과도가 향상되는 것을 확인할 수 있다.

[0174] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 두께에 대한 반사율(Reflectance)을 나타낸 도면이고, 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 구리 박막의 두께에 대한 광 흡수도를 나타낸 도면이다.

[0175] 본 발명의 이중층 구리 박막이 공정가스로 아르곤만 포함하는 구리박막보다 낮은 반사율 및 광 흡수율을 보이는 것을 알 수 있으며, 특히, 550-800nm의 장파장에서 낮은 반사율 및 광 흡수율을 보이는 것을 확인 할 수 있다.

[0176] 상기 낮은 반사율 및 광 흡수율은 투과율을 높이는 것에 영향을 주어, 높은 투과도가 요구되는 투명전극에 사용하기에 적합하다.

[0177] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 은 박막의 두께에 대한 총 광 투과도를 나타낸 도면이다.

[0178] 상기 본 발명의 모폴로지 특성으로부터 ZnO/Ag-on-Ag(0)/ZnO (ZnO 산화물 사이에 위치한 이중층 은 박막 구조) 구조의 광투과 특성 향상을 검증하였다(Optical transmittance UV-Visible-near infrared spectrophotometry, Cary series, Agilent technologies).

[0179] 도 16을 참조하면, 400-800 nm 파장대에서 측정한 총 광투과율 (total transmittance)이 Ag에 비해 Ag-on-Ag(0)가 전파장대에서 높은 것이 확인되었다.

[0180] 상기 Cu와 동일하게 Ag의 경우도, 장파장(550-800 nm)에서 광투과율(optimal transmittance)은 2.0-14.0 nm의 두께 모두 낮은 광투과도를 보이는 반면에, Cu-on-Cu(0)의 경우는 그 광투과율(optimal transmittance)이 단지 2.0-12.0 nm 두께에서 모두 높은 광투과율을 나타낸다. 따라서, Ag에 비해 Ag-on-Ag(0)이 광투과도가 향상되는 것을 확인할 수 있다.

[0181] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 은 박막의 두께에 대한 총 반사율을 나타낸 도면이고, 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 은 박막의 두께에 대한 광 흡수도를 나타낸 도면이다.

[0182] 본 발명의 이중층 은 박막이 공정가스로 아르곤만 포함하는 은박막보다 낮은 반사율 및 광 흡수율을 보이는 것을 알 수 있으며, 특히, 550-800nm의 장파장에서 낮은 반사율 및 광 흡수율을 보이는 것을 확인 할 수 있다.

[0183] 상기 낮은 반사율 및 광 흡수율은 투과율을 높이는 것에 영향을 주어, 높은 투과도가 요구되는 투명전극에 사용하기에 적합하다.

[0184] 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 구리 금속 박막(ZnO/Cu-on-Cu(0)/ZnO 구조)에서 아일랜드형 중간층(Cu(0))의 두께에 대한 면저항을 나타낸 도면이다.

[0185] 도 19는 Cu(0)의 두께가 0.7 내지 1.3일 때, Cu(0)의 두께가 0nm인 경우보다 Cu박막 두께의 2 내지 12 nm에서 낮은 면저항을 가지는 것을 알 수 있으며, 특히 6nm 이하의 낮은 Cu 박막 두께에서 현저한 차이를 보이는 것을 확인 할 수 있다.

[0186] 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 구리 금속 박막의 면저항 대비 평균 투과도를 나타낸 도면이다.

[0187] 도 20은 공정가스로 아르곤(Ar):산소(O_2)가 45:0.2 sccm으로 주입한 ZnO/Cu-on-Cu(0)/ZnO 구조의 평균 광투과 특성 및 면저항 특성을 나타낸다.

[0188] 도 20을 참조하면, 기존의 ZnO/Cu/ZnO 구조는 평균 투과율가 80%를 미치지 못하지만, 본 발명의 ZnO/Cu-on-Cu(0)/ZnO는 80%이상의 평균 투과율을 보이는 것을 알 수 있다. 또한, 본 발명의 ZnO/Cu-on-Cu(0)/ZnO는 85% 이상의 평균 투과율을 20Ω/sq 이하의 면저항으로도 도달할 수 있다.

[0189] 도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 은 금속 박막(ZnO/Ag-on-Ag(0)/ZnO 구조)에서 아일랜드형 중간층(Ag(0))의 두께에 대한 면저항을 나타낸 도면이다.

[0190] 도 21은 Ag(0)의 두께가 2 내지 3일 때, Ag(0)의 두께가 0nm인 경우보다 Ag박막 두께의 2 내지 12 nm에서 낮은 면저항을 가지는 것을 알 수 있으며, 특히 10nm 이하의 낮은 Ag 박막 두께에서 현저한 차이를 보이는 것을 확인 할 수 있다.

[0191] 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 은 금속 박막의 면저항 대비 평균 투과도를 나타낸 도면이다.

[0192] 도 22는 공정가스로 아르곤(Ar):산소(O_2)가 45:4 sccm 또는 45:8 sccm으로 주입한 ZnO/Ag-on-Ag(0)/ZnO 구조의 평균 광투과 특성 및 면저항 특성을 나타낸다.

[0193] 도 22를 참조하면, 기존의 ZnO/Ag/ZnO 구조는 평균 투과율가 80%를 미치지 못하지만, 본 발명의 ZnO/Ag-on-Ag(0)/ZnO는 80%이상의 평균 투과율을 보이는 것을 알 수 있다. 또한, 본 발명의 ZnO/Ag-on-Ag(0)/ZnO는 85% 이상의 평균 투과율과 20Ω/sq 이하의 면저항을 동시에 구현할 수 있다.

[0194] 도 23은 본 발명의 일 실시예에 따른 이중층 은 박막의 전기이동도(Mobility)를 나타낸 도면이다.

[0195] 도 23을 참조하면, 6nm 이하의 낮은 두께에서도 이중층 은 박막은 전기 이동도를 보이고 있다. 또한, 이중층 은 박막은 아일랜드형 금속중간층의 두께가 두꺼운 경우에 보다 낮은 은 박막 두께에서 전기 이동도를 나타내는 것을 알 수 있다.

[0196] 이를 통해, 아일랜드형 금속중간층을 포함하는 이중층 은 박막을 형성하는 경우 보다 낮은 두께에서 연속박막을 형성할 수 있음을 알 수 있다.

[0197] 또한, 아일랜드형 금속중간층의 두께가 두꺼운 경우에 보다 낮은 은 박막 두께에서 연속박막을 형성할 수 있음을 알 수 있다.

부호의 설명

[0198] 110: 기판

120: 아일랜드형 금속중간층

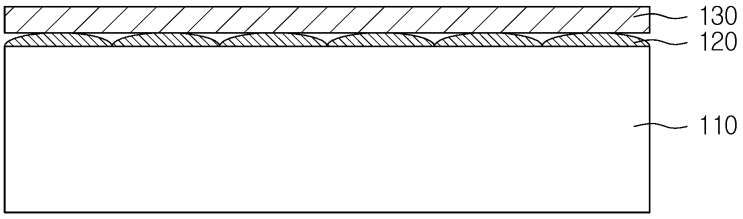
130: 연속 금속 박막

140: 중간층

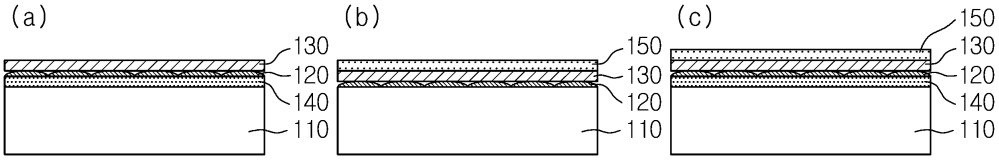
150: 보호층

도면

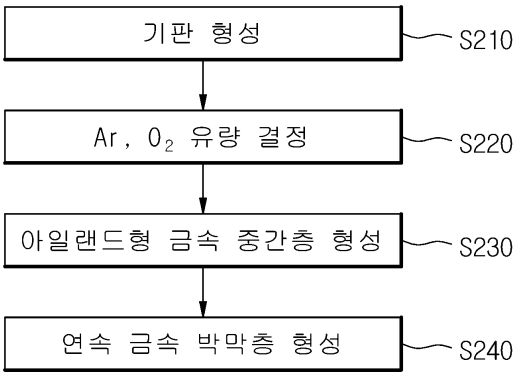
도면1



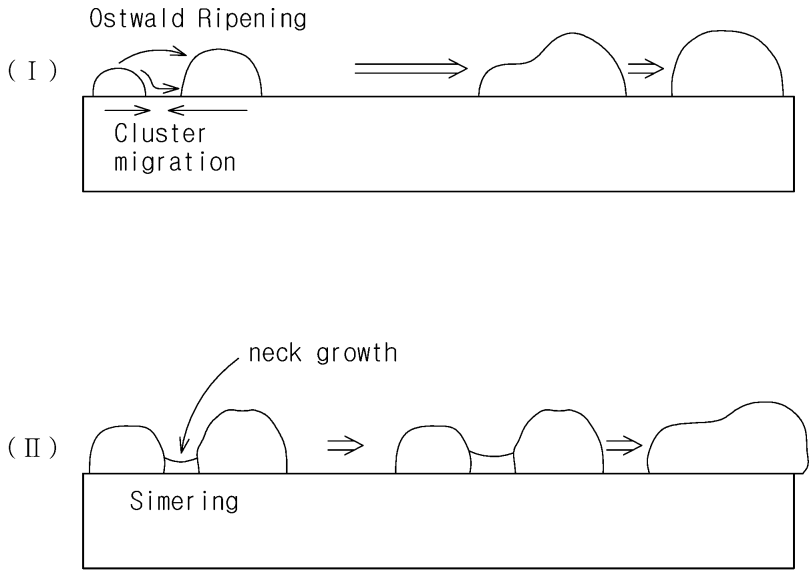
도면2



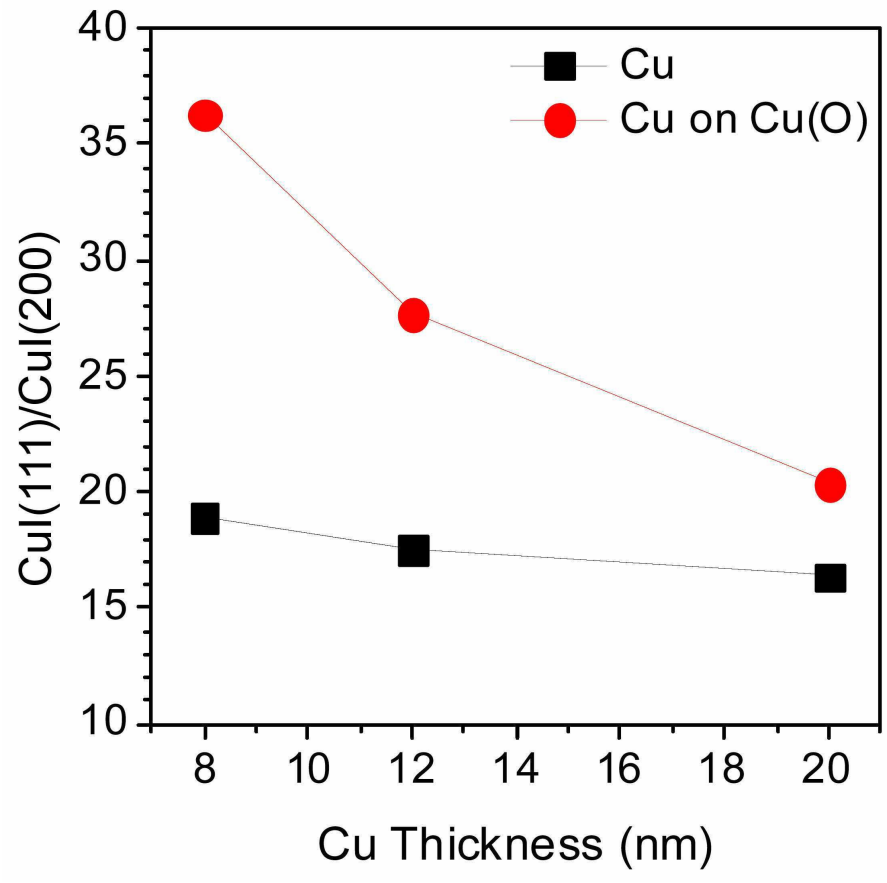
도면3



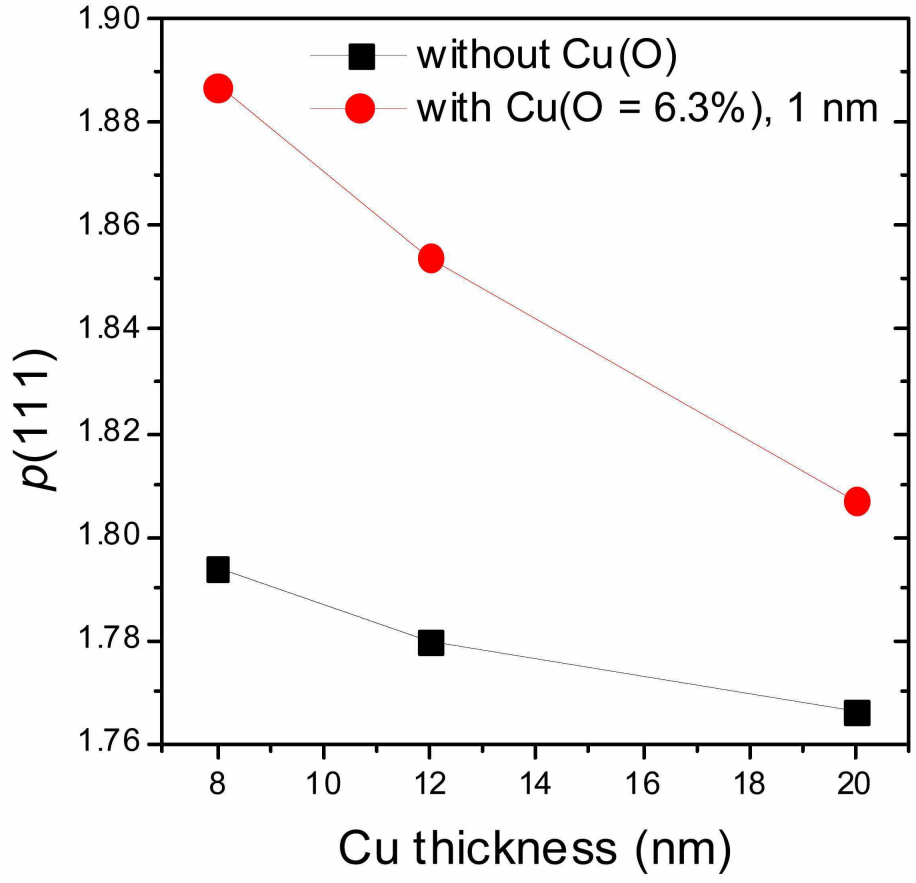
도면4



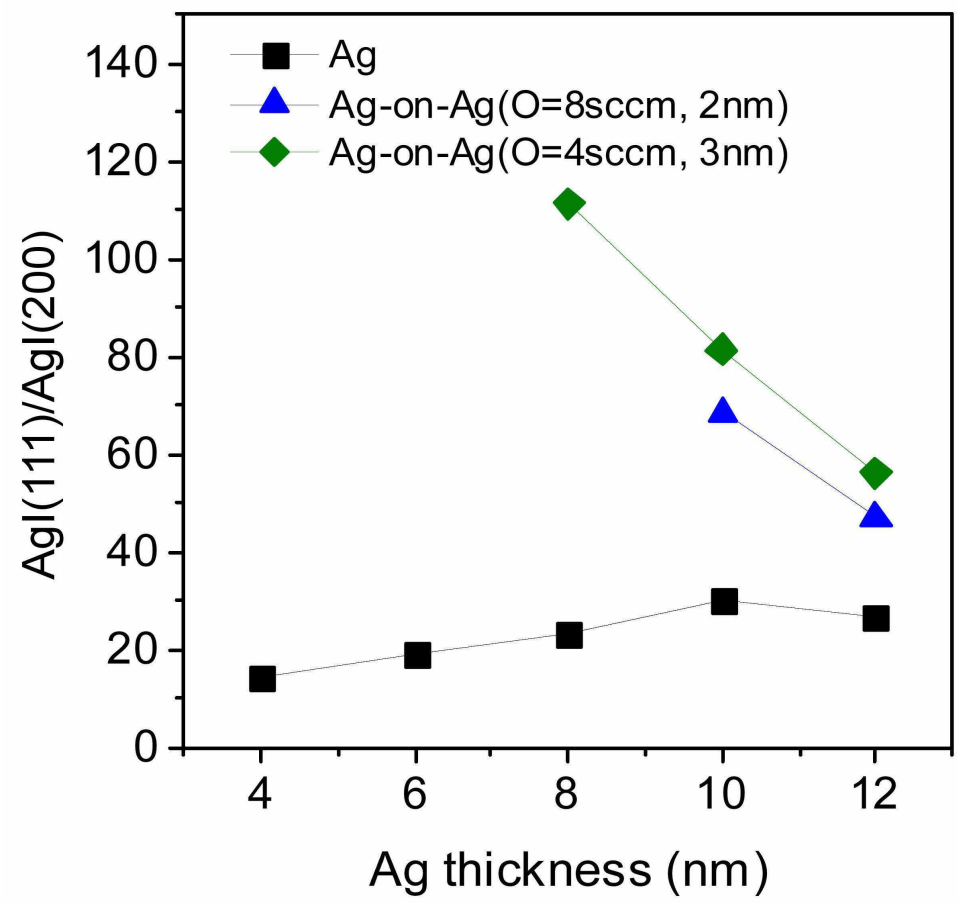
도면5


Cu
Cu on Cu(O)
CuI(111)/CuI(200)
40
35
30
25
20
15
10
8
10
12
14
16
18
20
Cu Thickness (nm)

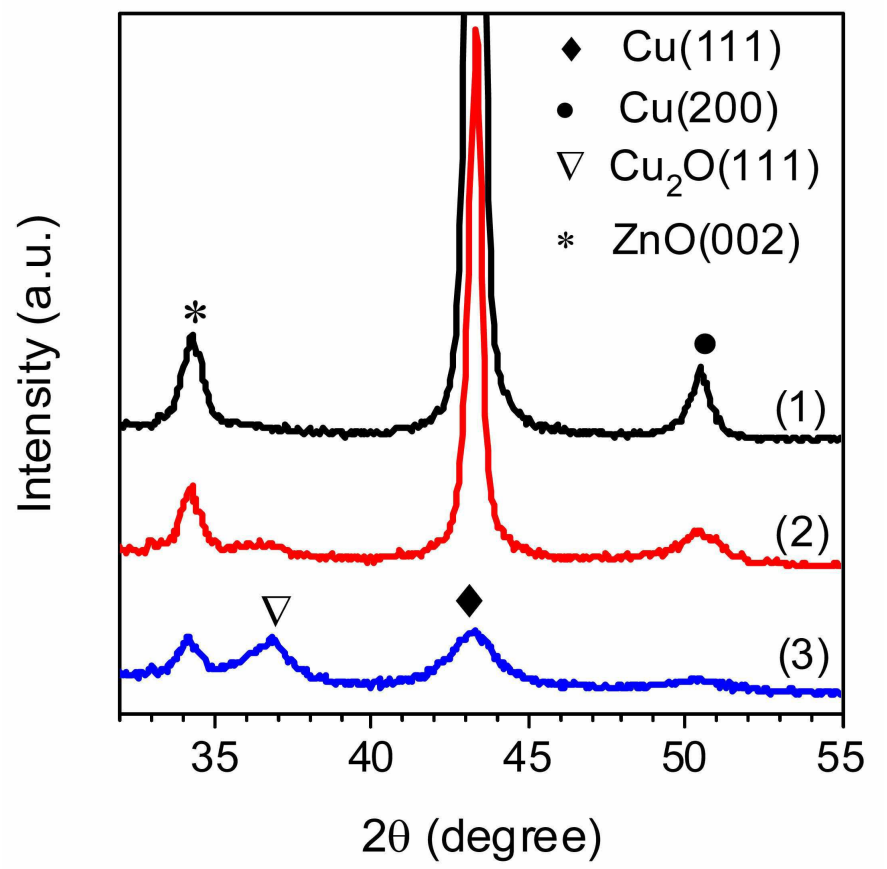
도면6


without Cu(O)
with Cu(O = 6.3%), 1 nm
p(111)
Cu thickness (nm)
1.90
1.88
1.86
1.84
1.82
1.80
1.78
1.76
8
10
12
14
16
18
20

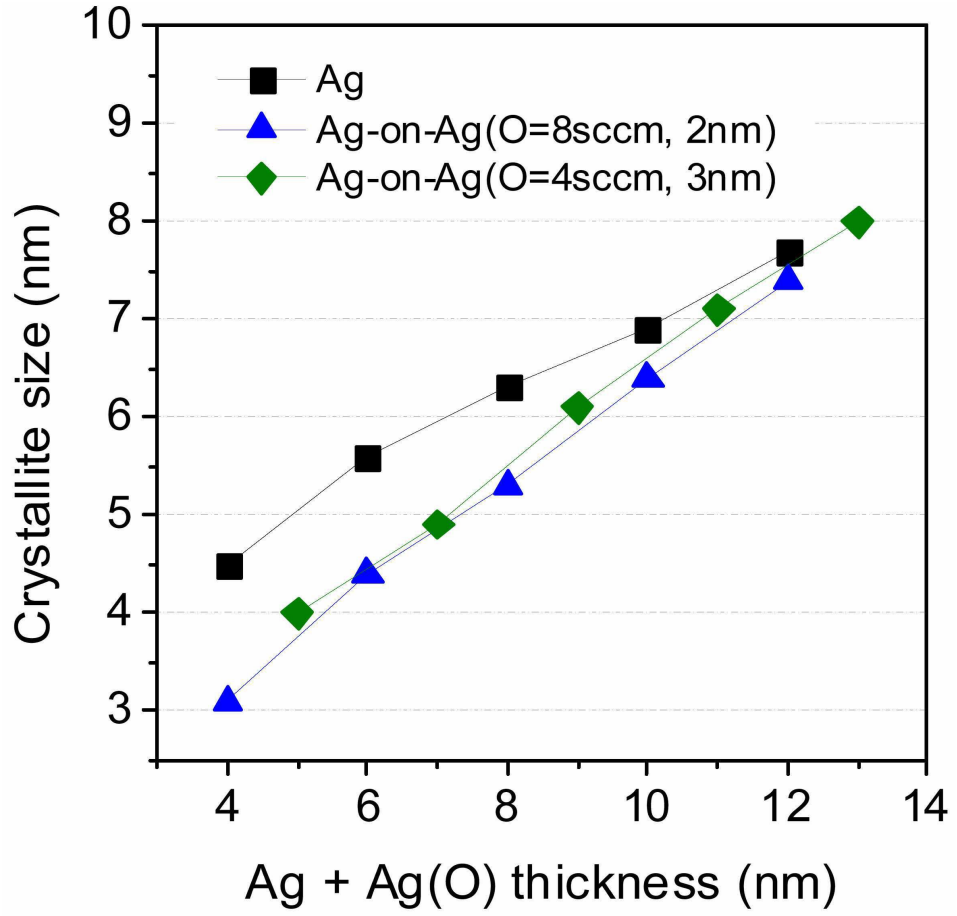
도면7


Ag
Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)
Ag-on-Ag(O=4sccm, 3nm)
AgI(111)/AgI(200)
0
20
40
60
80
100
120
140
4
6
8
10
12
Ag thickness (nm)

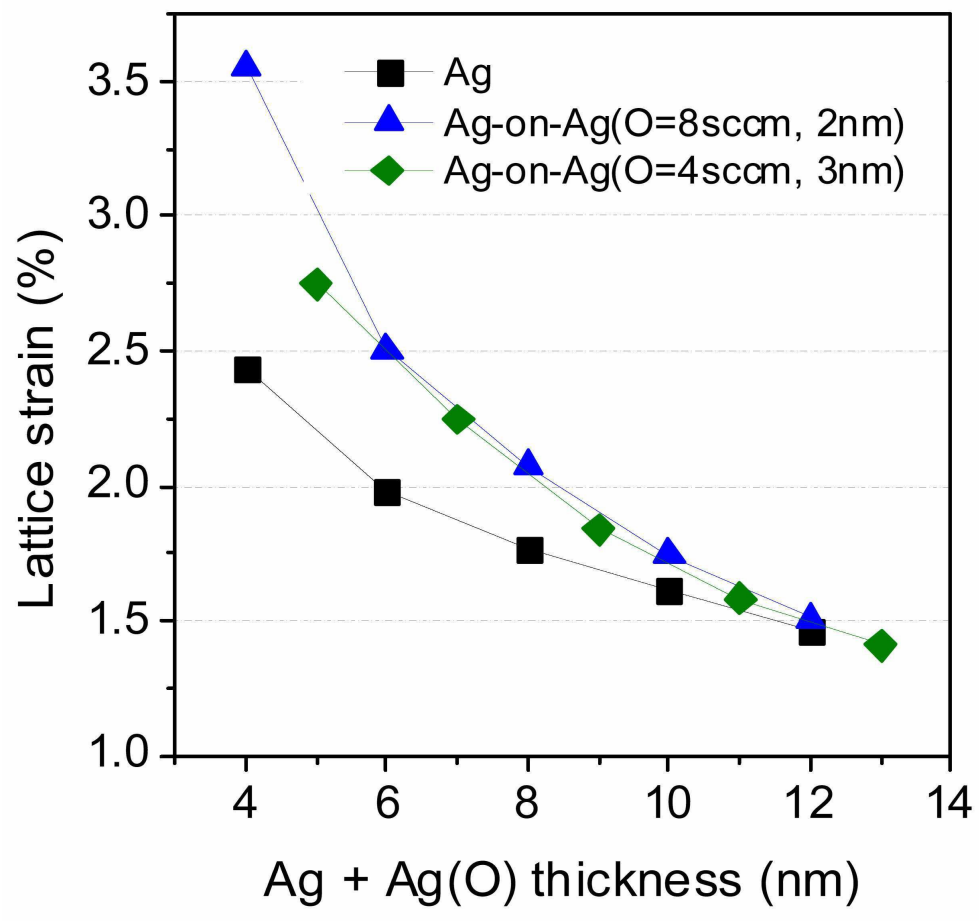
도면8


Cu(111)
Cu(200)
Cu2O(111)
ZnO(002)
Intensity (a.u.)
(1)
(2)
(3)
35
40
45
50
55
2θ (degree)

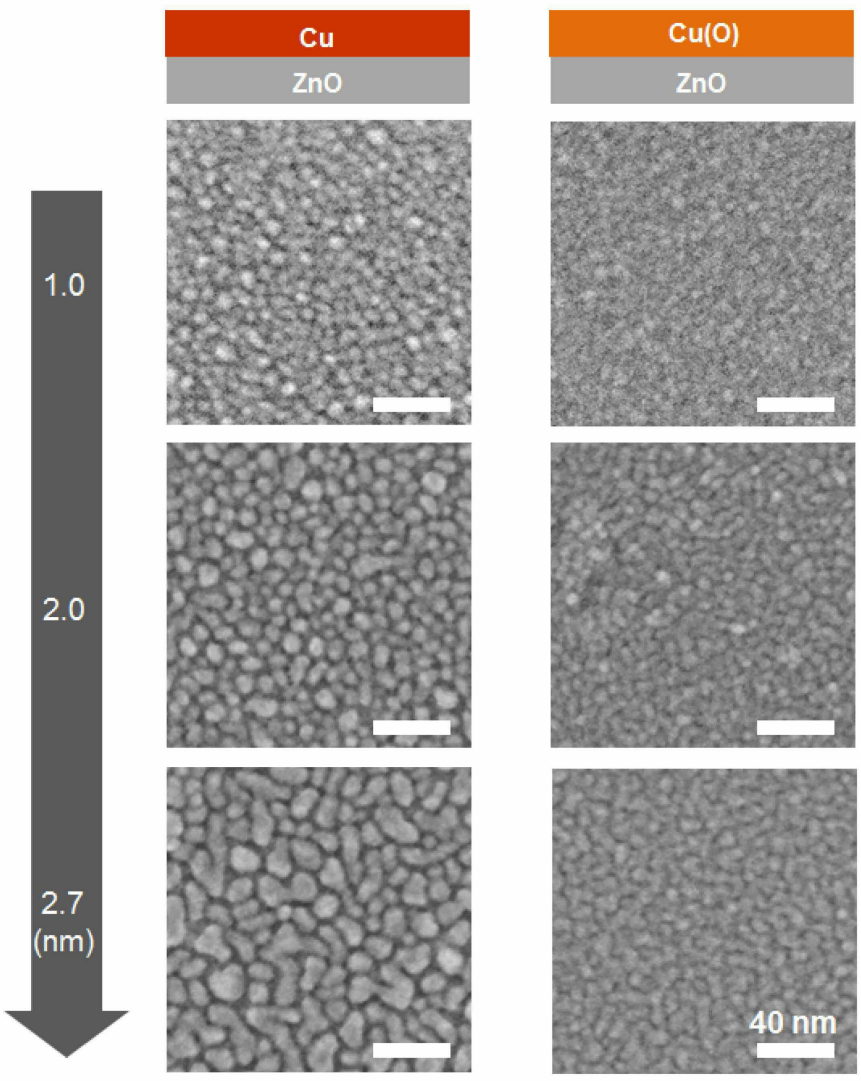
도면9


Ag
Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)
Ag-on-Ag(O=4sccm, 3nm)
Crystallite size (nm)
Ag + Ag(O) thickness (nm)
10
9
8
7
6
5
4
3
4
6
8
10
12
14

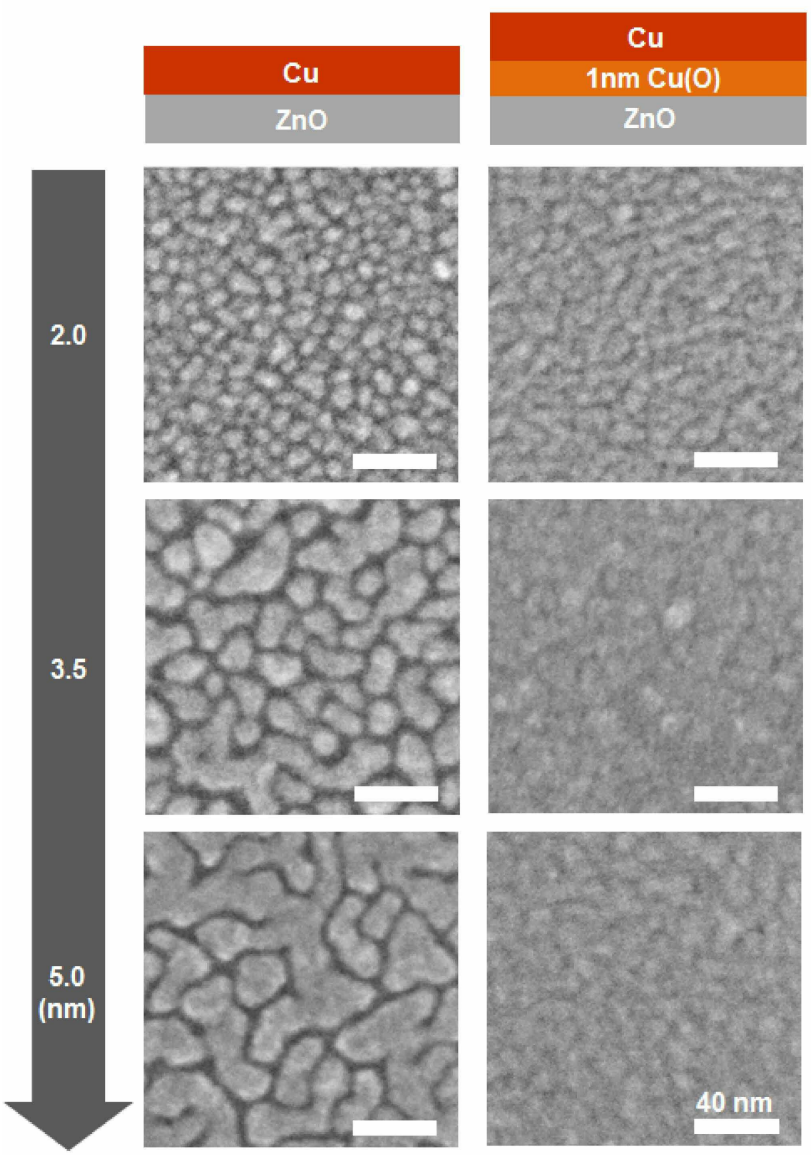
도면10


Ag
Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)
Ag-on-Ag(O=4sccm, 3nm)
Lattice strain (%)
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
4
6
8
10
12
14
Ag + Ag(O) thickness (nm)

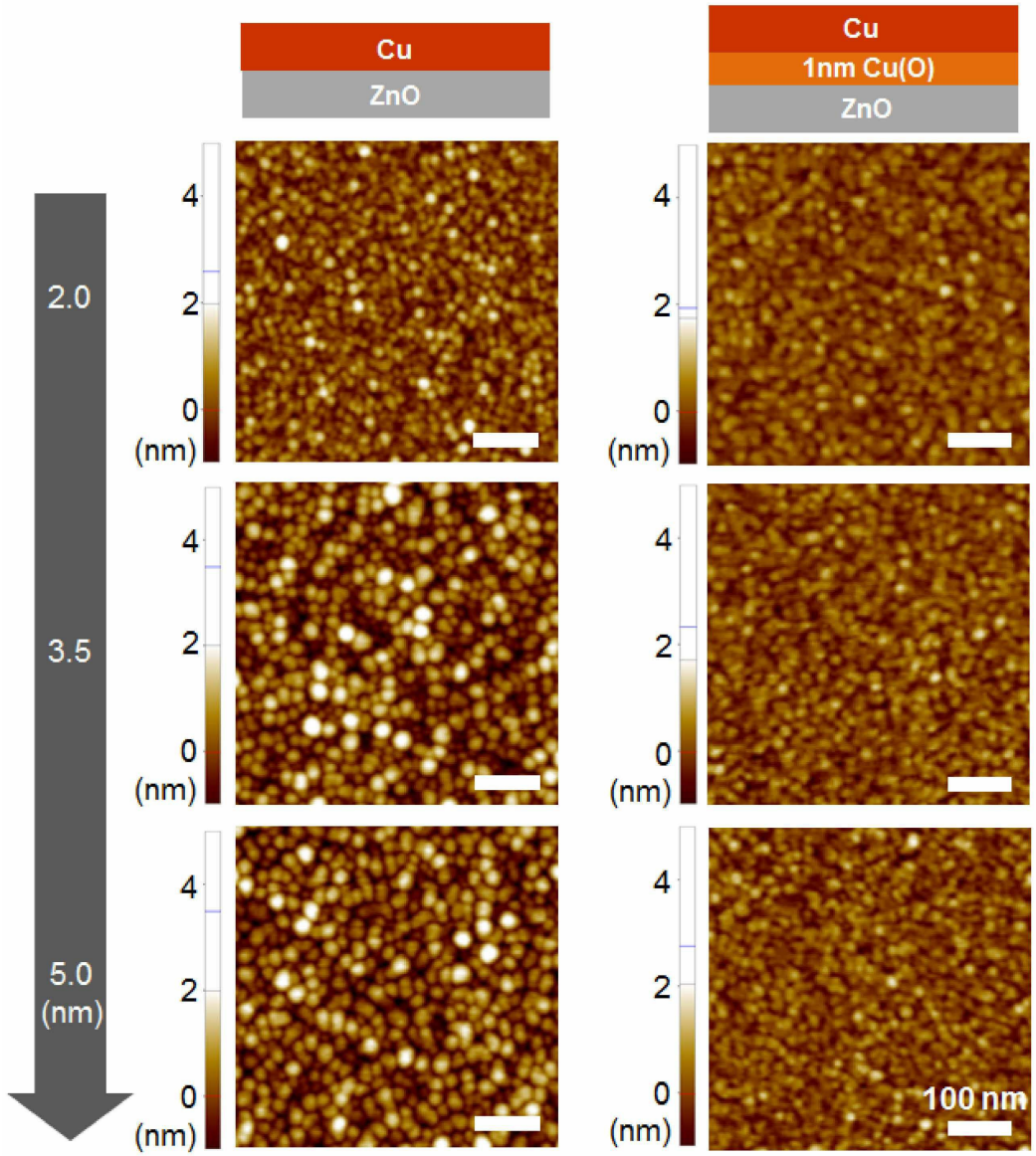
도면11a



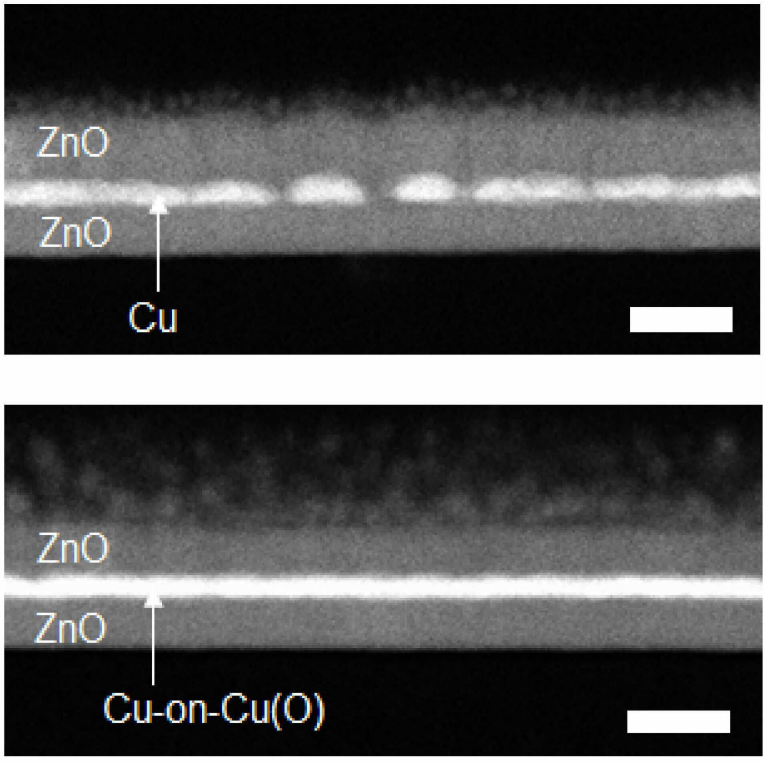
도면11b



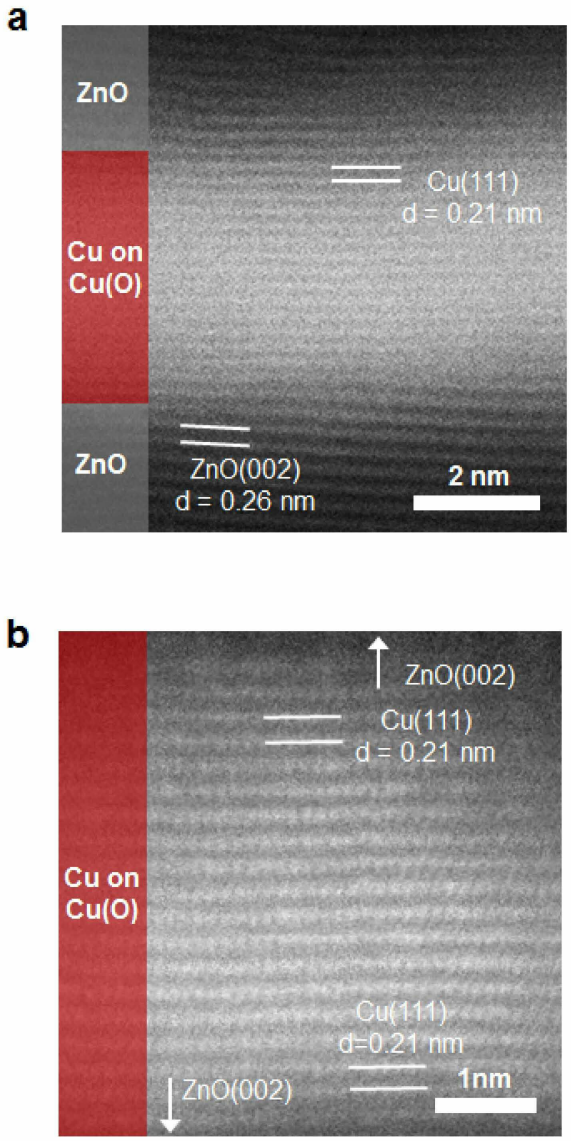
도면11c



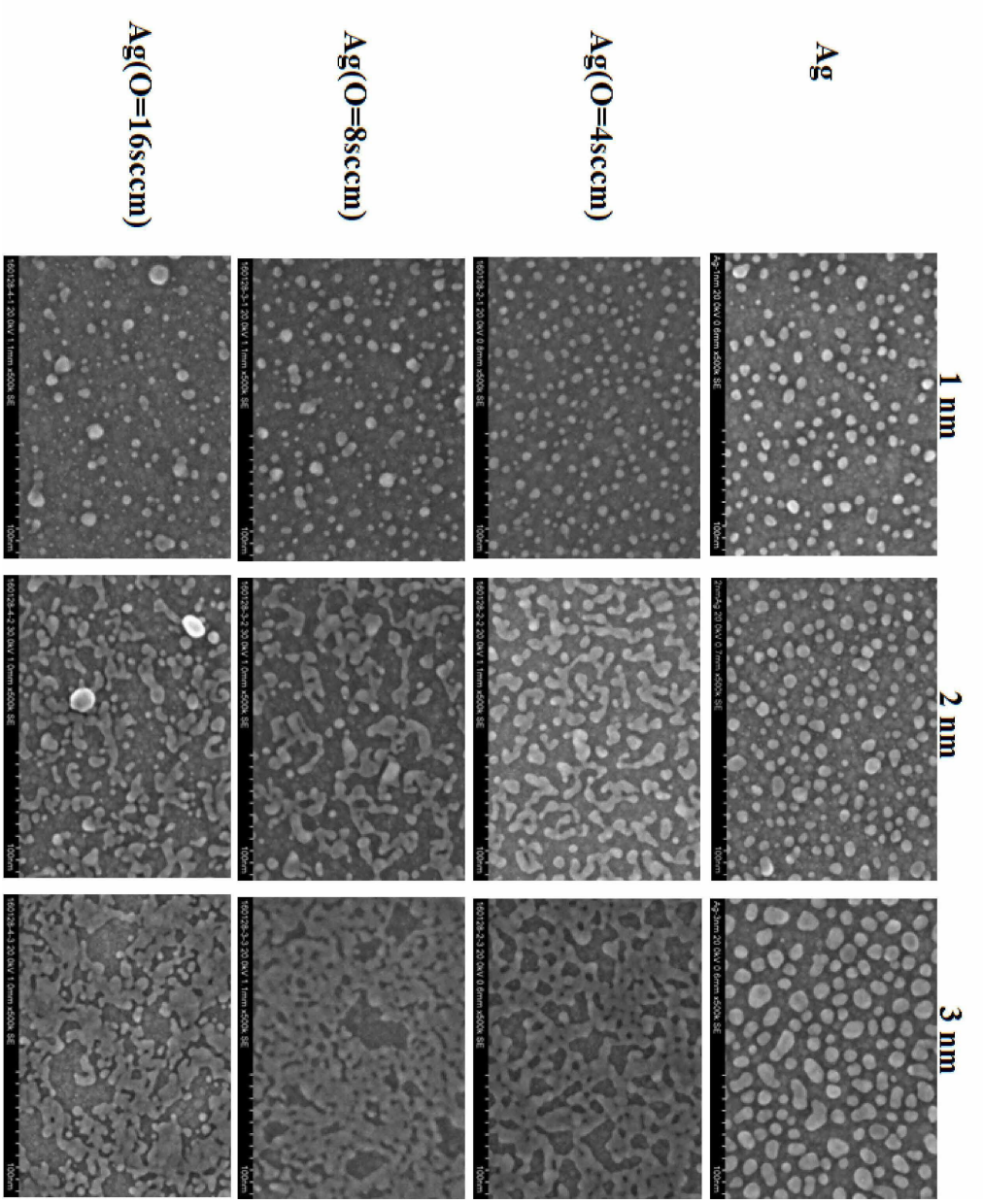
도면11d



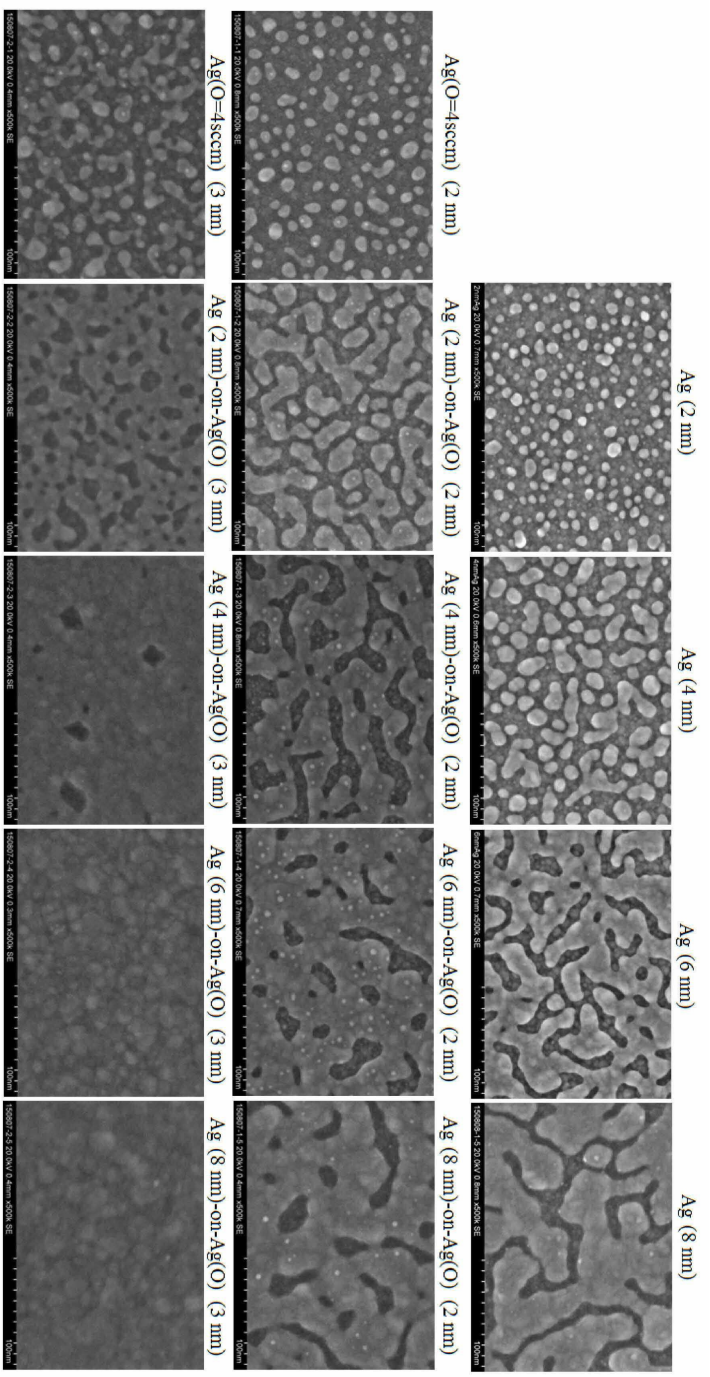
도면11e


a
ZnO
Cu on
Cu(O)
ZnO
Cu(111)
d = 0.21 nm
ZnO(002)
d = 0.26 nm
2 nm
b
Cu on
Cu(O)
ZnO(002)
Cu(111)
d = 0.21 nm
Cu(111)
d=0.21 nm
ZnO(002)
1nm

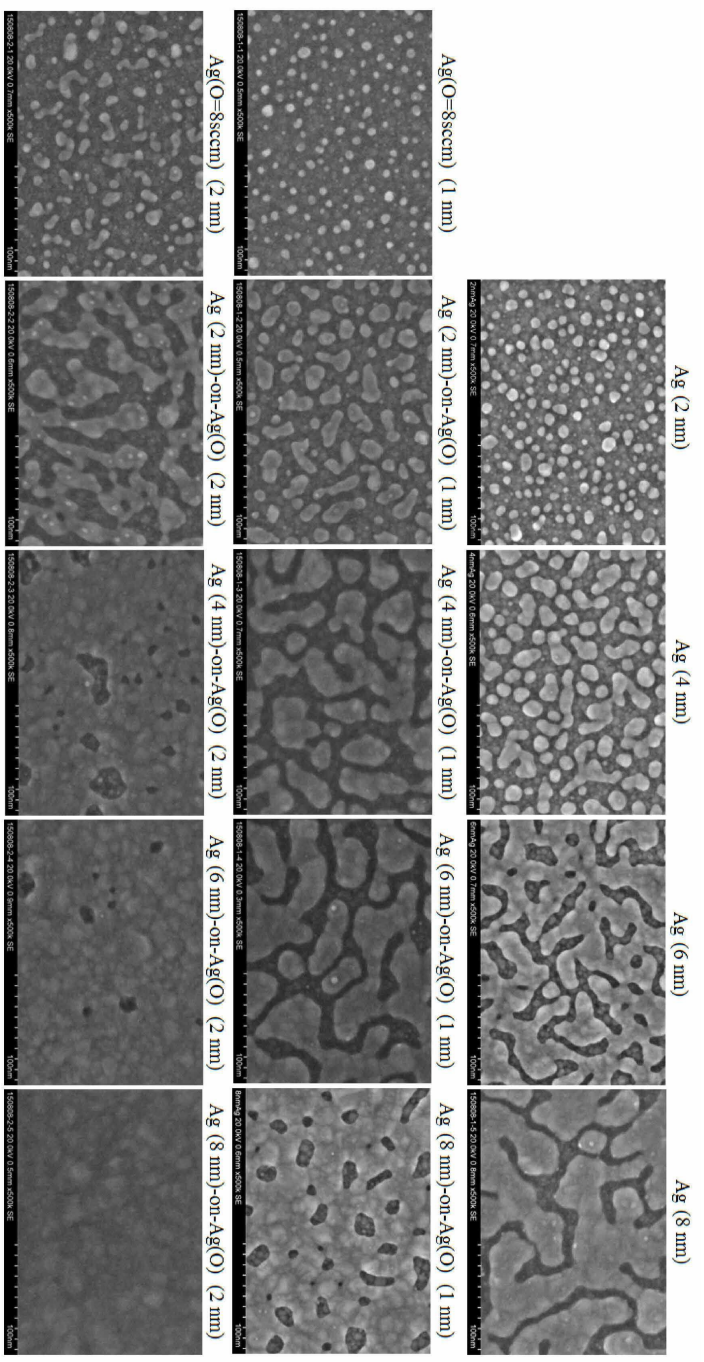
도면12a



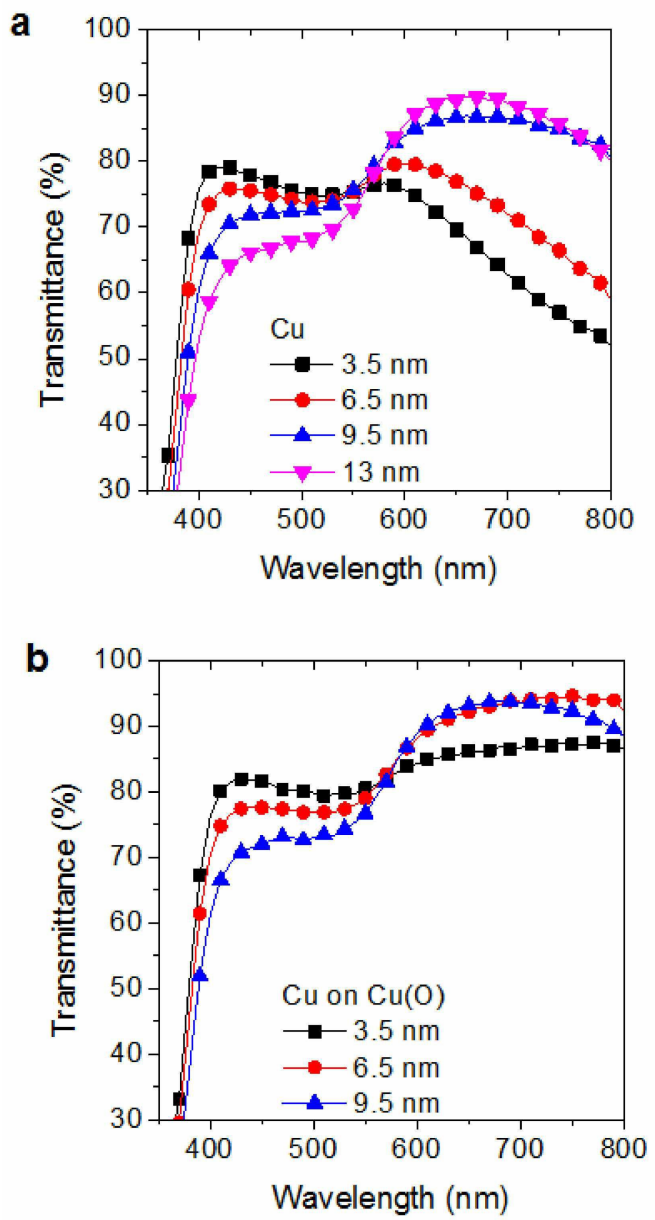
도면12b


Ag (2 nm)
Ag (4 nm)
Ag (6 nm)
Ag (8 nm)
Ag (2 nm)-on-Ag(O) (2 nm)
Ag (4 nm)-on-Ag(O) (2 nm)
Ag (6 nm)-on-Ag(O) (2 nm)
Ag (8 nm)-on-Ag(O) (2 nm)
Ag(O=4sccm) (2 nm)
Ag (2 nm)-on-Ag(O) (3 nm)
Ag (4 nm)-on-Ag(O) (3 nm)
Ag (6 nm)-on-Ag(O) (3 nm)
Ag (8 nm)-on-Ag(O) (3 nm)
Ag(O=4sccm) (3 nm)

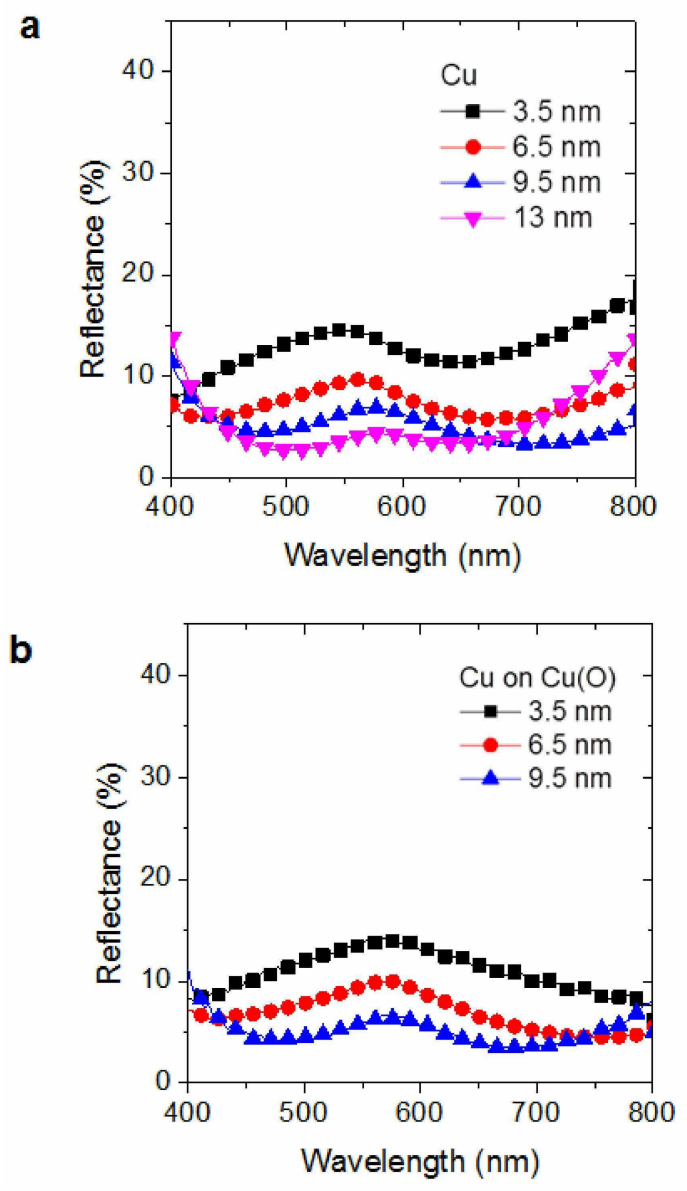
도면12c


Ag (2 nm)
Ag (4 nm)
Ag (6 nm)
Ag (8 nm)
Ag(O=8sccm) (1 nm)
Ag (2 nm)-on-Ag(O) (1 nm)
Ag (4 nm)-on-Ag(O) (1 nm)
Ag (6 nm)-on-Ag(O) (1 nm)
Ag (8 nm)-on-Ag(O) (1 nm)
Ag(O=8sccm) (2 nm)
Ag (2 nm)-on-Ag(O) (2 nm)
Ag (4 nm)-on-Ag(O) (2 nm)
Ag (6 nm)-on-Ag(O) (2 nm)
Ag (8 nm)-on-Ag(O) (2 nm)

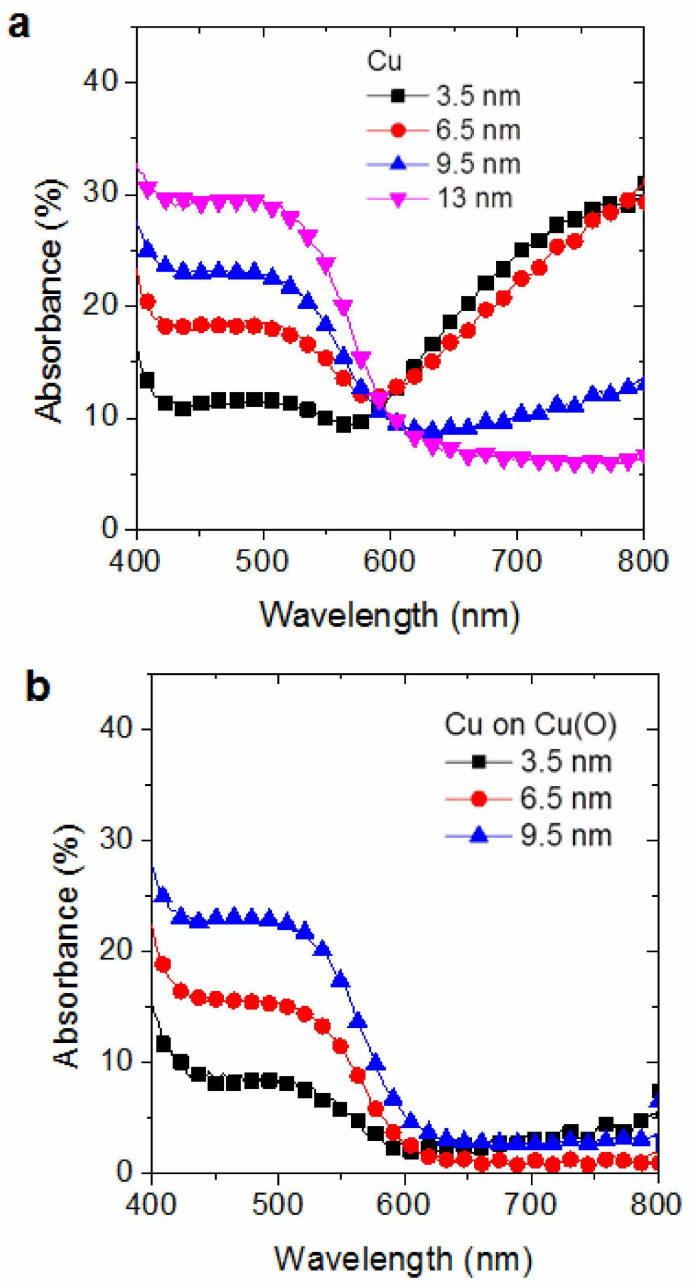
도면13


a
Transmittance (%)
Wavelength (nm)
Cu
3.5 nm
6.5 nm
9.5 nm
13 nm
b
Transmittance (%)
Wavelength (nm)
Cu on Cu(O)
3.5 nm
6.5 nm
9.5 nm

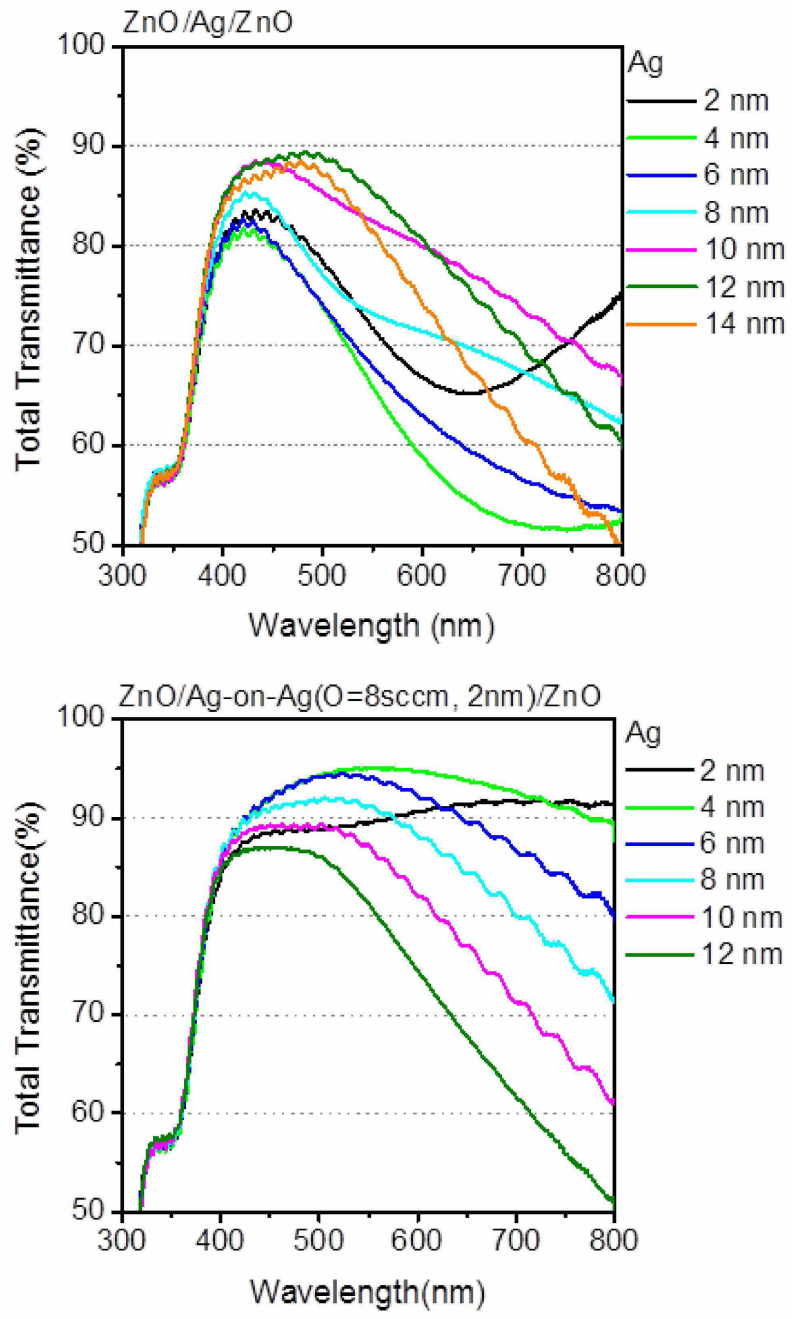
도면14


a
Cu
3.5 nm
6.5 nm
9.5 nm
13 nm
Reflectance (%)
Wavelength (nm)
b
Cu on Cu(O)
3.5 nm
6.5 nm
9.5 nm
Reflectance (%)
Wavelength (nm)

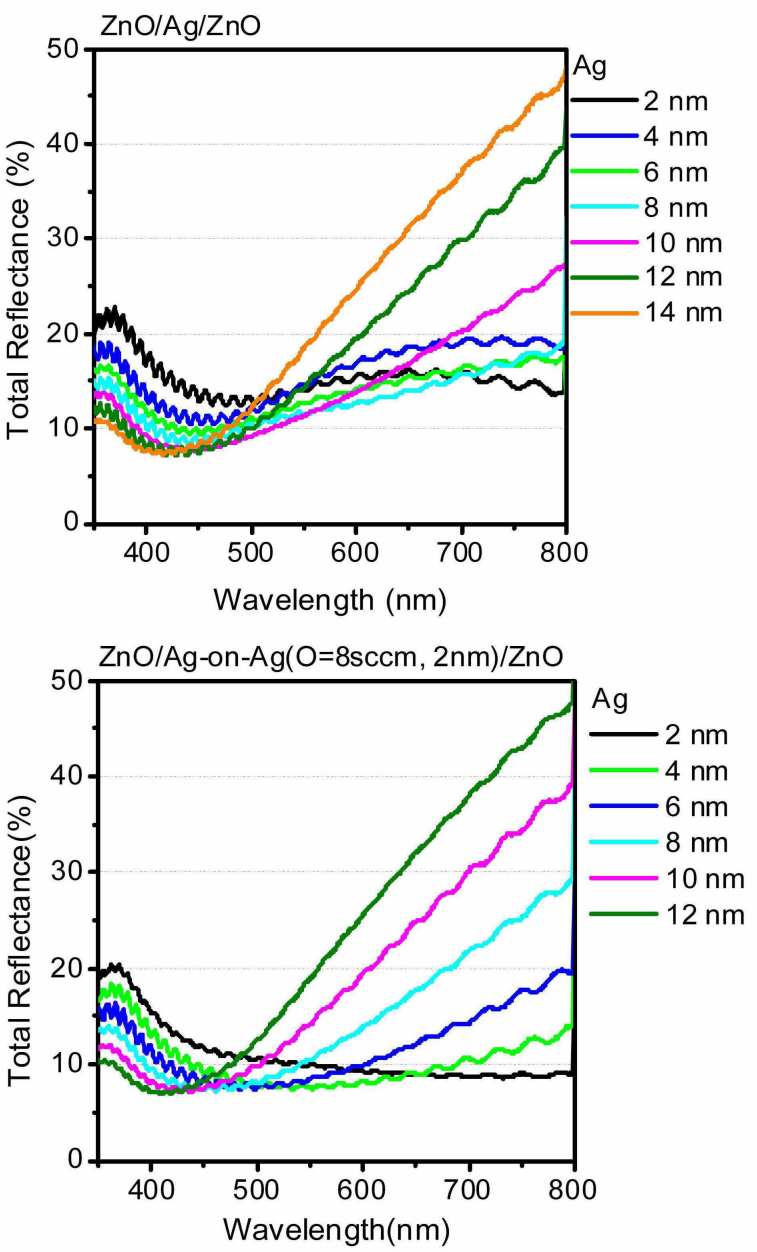
도면15


a
Cu
3.5 nm
6.5 nm
9.5 nm
13 nm
Absorbance (%)
Wavelength (nm)
b
Cu on Cu(O)
3.5 nm
6.5 nm
9.5 nm
Absorbance (%)
Wavelength (nm)

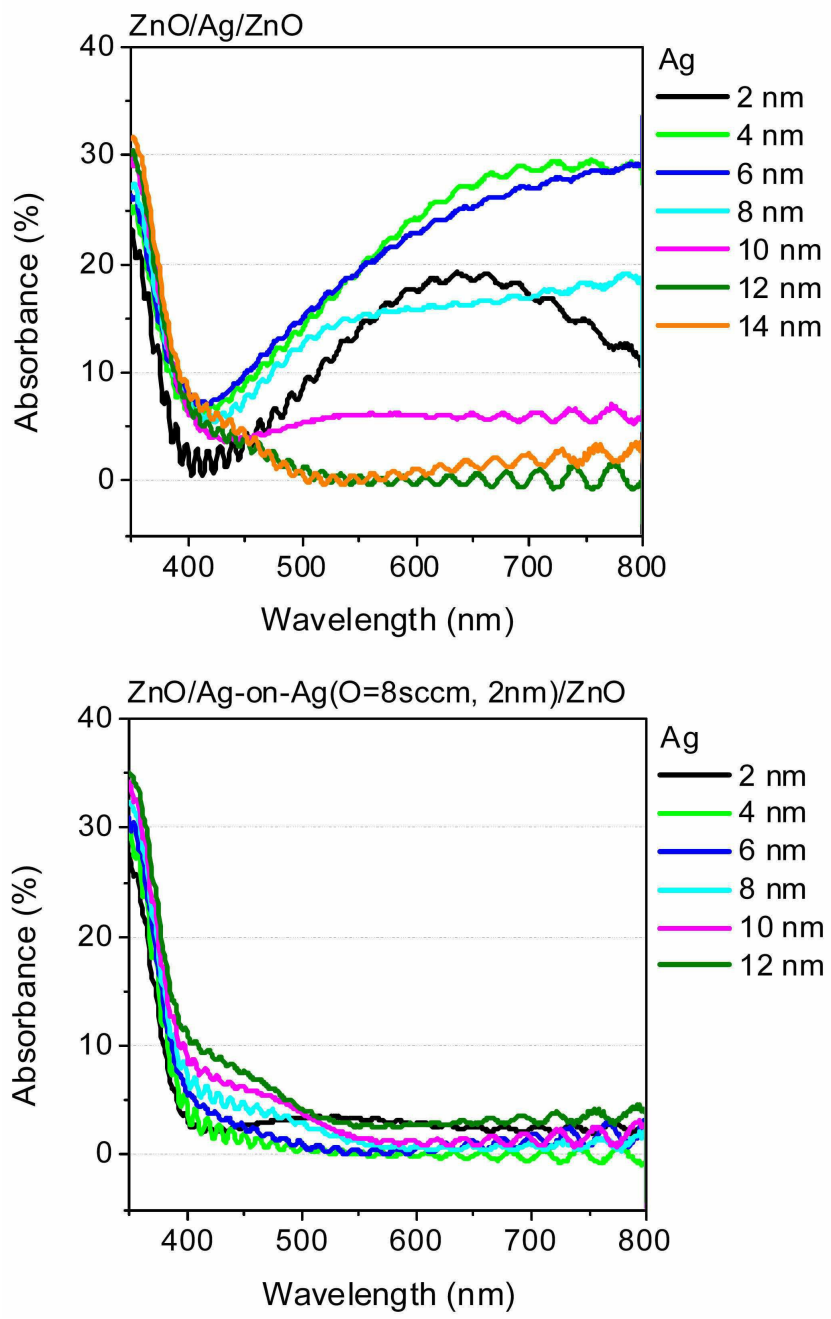
도면16


ZnO/Ag/ZnO
Total Transmittance (%)
Wavelength (nm)
Ag
2 nm
4 nm
6 nm
8 nm
10 nm
12 nm
14 nm
ZnO/Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)/ZnO
Total Transmittance(%)
Wavelength(nm)
Ag
2 nm
4 nm
6 nm
8 nm
10 nm
12 nm

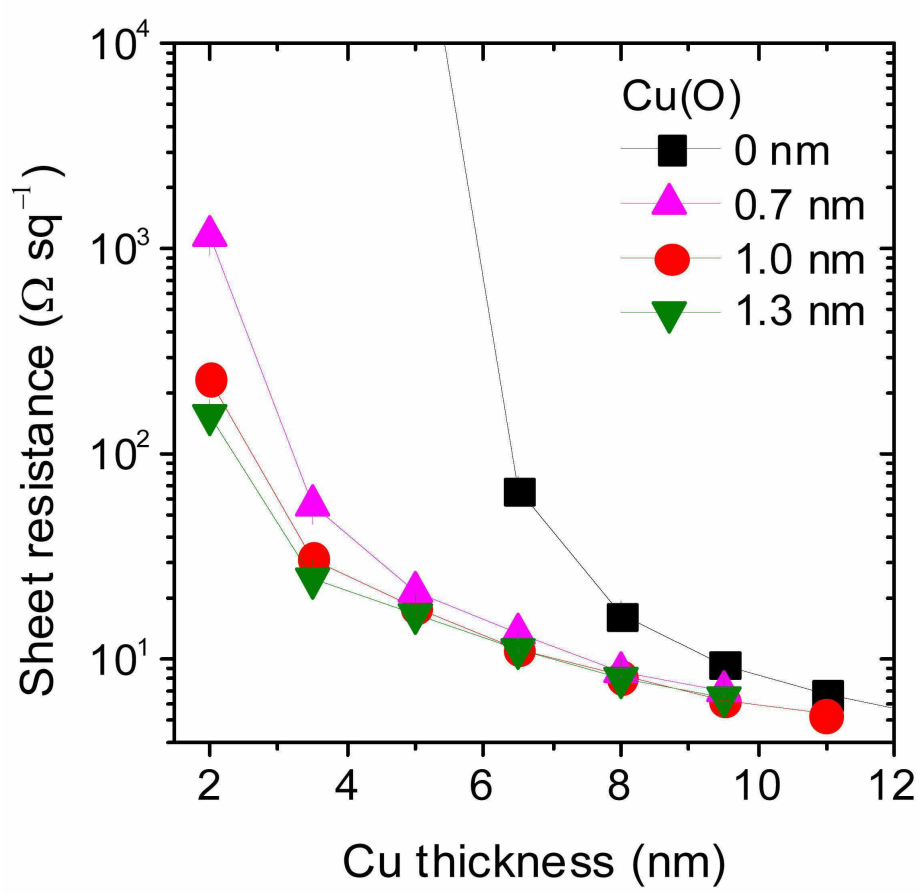
도면17


ZnO/Ag/ZnO
Ag
2 nm
4 nm
6 nm
8 nm
10 nm
12 nm
14 nm
Total Reflectance (%)
Wavelength (nm)
ZnO/Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)/ZnO
Ag
2 nm
4 nm
6 nm
8 nm
10 nm
12 nm
Total Reflectance(%)
Wavelength(nm)

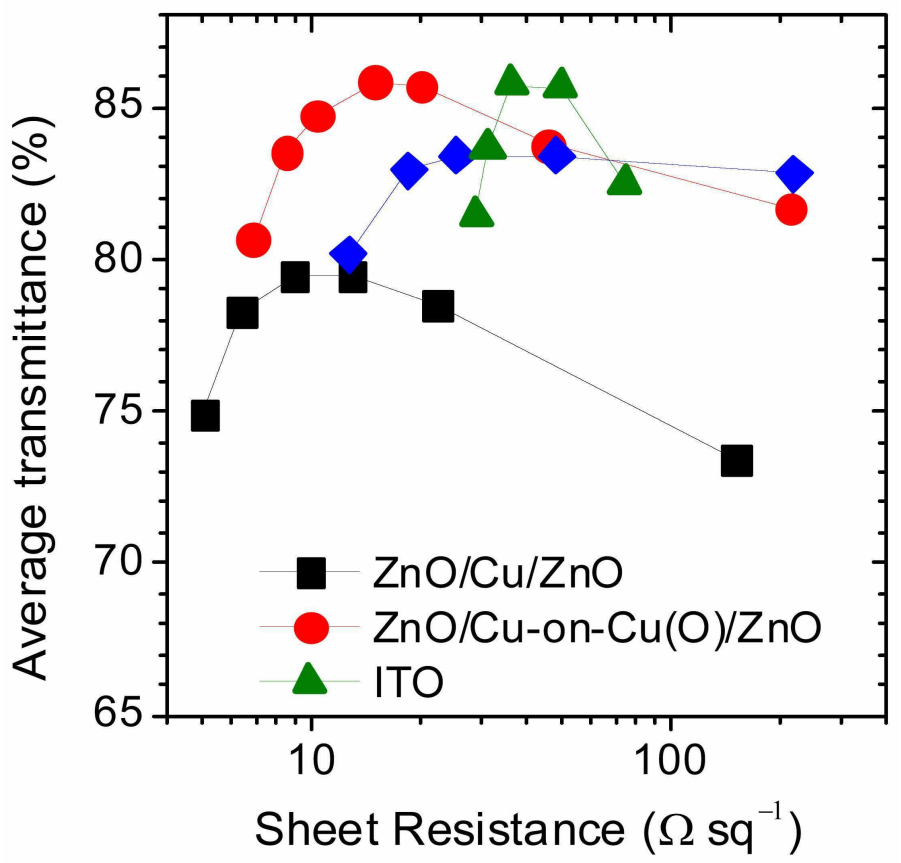
도면18


ZnO/Ag/ZnO
Absorbance (%)
Wavelength (nm)
Ag
2 nm
4 nm
6 nm
8 nm
10 nm
12 nm
14 nm
ZnO/Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)/ZnO
Absorbance (%)
Wavelength (nm)
Ag
2 nm
4 nm
6 nm
8 nm
10 nm
12 nm

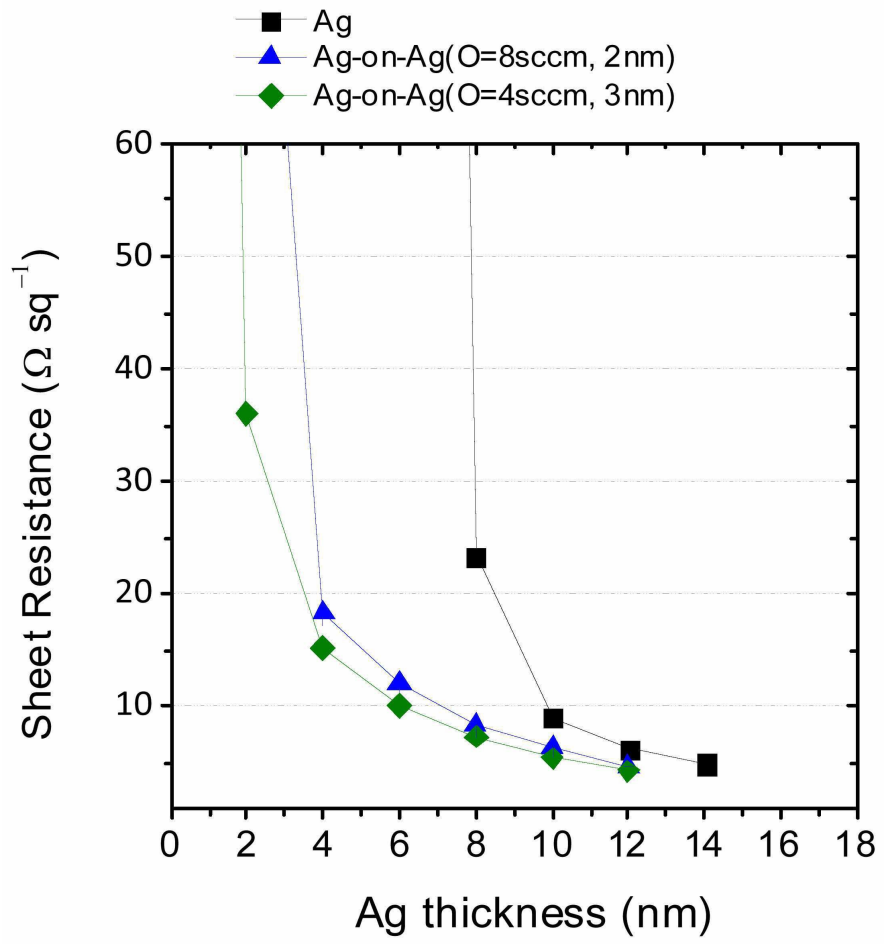
도면19


Cu(O)
0 nm
0.7 nm
1.0 nm
1.3 nm
Sheet resistance (Ω sq^{-1})
Cu thickness (nm)
10^4
10^3
10^2
10^1
2
4
6
8
10
12

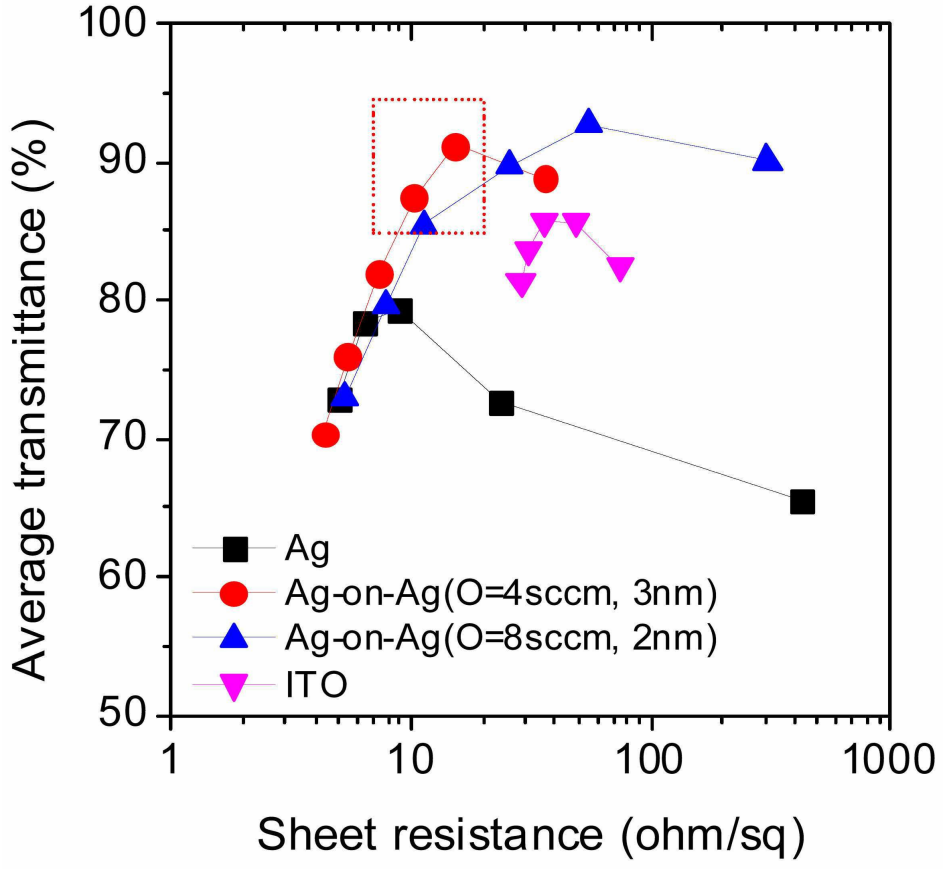
도면20


Average transmittance (%)
85
80
75
70
65
10
100
Sheet Resistance (Ω sq^{-1})
ZnO/Cu/ZnO
ZnO/Cu-on-Cu(O)/ZnO
ITO

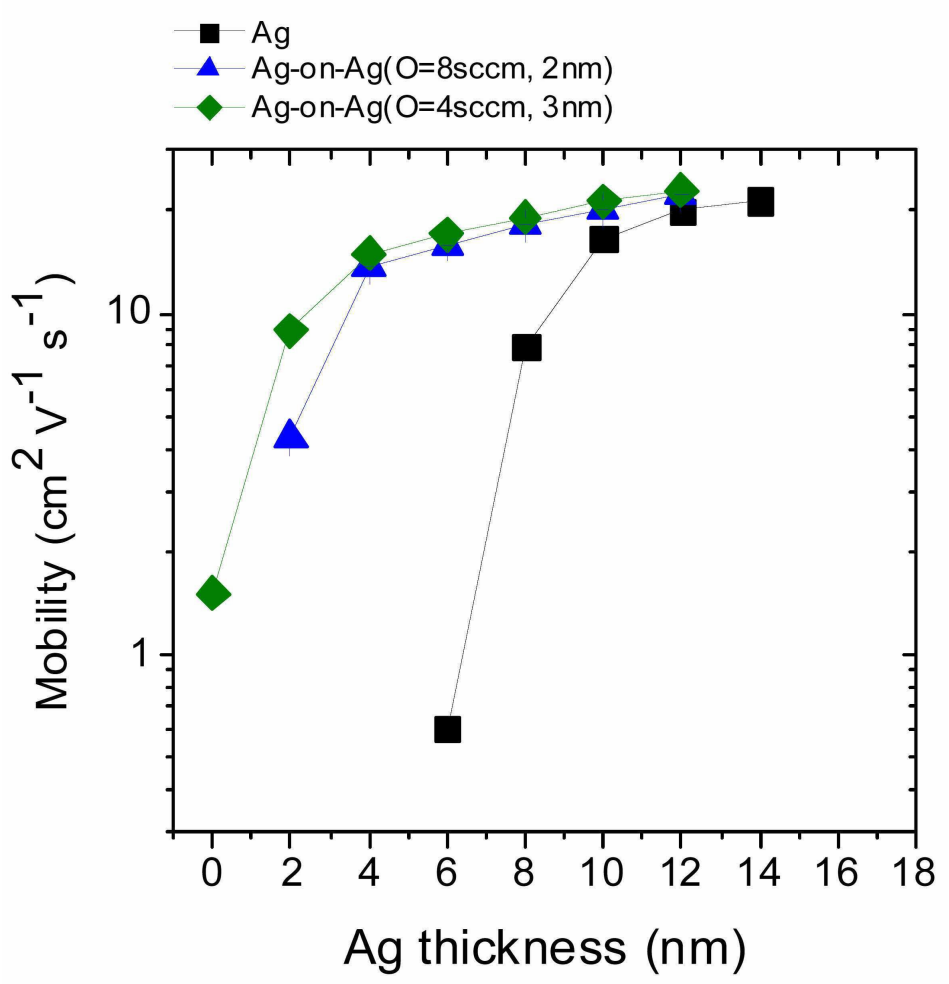
도면21


Ag
Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)
Ag-on-Ag(O=4sccm, 3nm)
Sheet Resistance (Ω sq^{-1})
60
50
40
30
20
10
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
Ag thickness (nm)

도면22


Average transmittance (%)
Sheet resistance (ohm/sq)
100
90
80
70
60
50
1
10
100
1000
Ag
Ag-on-Ag(O=4sccm, 3nm)
Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)
ITO

도면23


Ag
Ag-on-Ag(O=8sccm, 2nm)
Ag-on-Ag(O=4sccm, 3nm)
Mobility (cm2 V-1 s-1)
10
1
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
Ag thickness (nm)