(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0135103
(43) 공개일자 2016년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/16 (2006.01) *C23C 14/02* (2006.01)
C23C 14/18 (2006.01) *C23C 14/20* (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01) *C23C 14/58* (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01) *H01L 21/28* (2006.01)
H01L 31/0224 (2006.01) *H01L 51/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 14/16 (2013.01)
C23C 14/025 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0059030
(22) 출원일자 2016년05월13일
심사청구일자 2016년05월13일
(30) 우선권주장
1020150067837 2015년05월15일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이성훈
경상남도 창원시 마산회원구 팔용로 215 102동 204호 (구암동,중앙하이츠)
조국경
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 재료연구소 기숙사
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이지

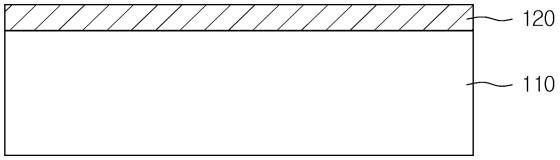
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 **금속 박막 기판 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 금속 박막 기판 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 상세하게는 배향성을 가지는 기판; 및 상기 기판 상에 형성되는 금속박막;을 포함하되, 상기 금속 박막은 초기 성장 시에 상기 기판의 배향성에 상응하는 배향성을 갖도록 형성된 것을 특징으로 하는 금속 박막 기판에 관한 것으로, 본 발명에 의한 금속 박막 기판은 성장초기부터 2차원 연속 박막으로 성장되며 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막을 제공하는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C23C 14/18 (2013.01)
C23C 14/20 (2013.01)
C23C 14/34 (2013.01)
C23C 14/3457 (2013.01)
C23C 14/58 (2013.01)
G02B 5/30 (2013.01)
H01L 21/28 (2013.01)
H01L 31/022466 (2013.01)
H01L 51/0021 (2013.01)

(72) 발명자
이건환
경기도 평택시 포승읍 석정리 990
윤정흠
경남 김해시 월산로 26 석봉마을 6단지 대동 아파트

송명관
울산광역시 중구 유곡로 10 204동 303호 (우정동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK4731
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국과과학기술연구회
연구사업명 재료연구소 운영비지원사업
연구과제명 전기변색용 대면적 투명전도성 박막 제조기술
기 여 율 60/100
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415137282
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 신재생에너지핵심사업
연구과제명 진공단열보드(VIP)를 적용한 냉난방 시스템용 고효율 평판 태양열 집열기 개발
기 여 율 40/100
주관기관 (주)탑솔
연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판; 및

상기 기판 상에 형성되며 은(Ag) 또는 은합금을 포함하는 금속 박막;을 포함하되,

상기 금속 박막의 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율은 상기 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 감소하는 금속 박막 기판.

청구항 2

기판; 및

상기 기판 상에 형성되면 은(Ag) 또는 은합금을 포함하는 금속 박막;을 포함하되,

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

상기 PVD 공정 가스는 질소(N_2)를 포함하는 금속 박막 기판.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막의 (111)면의 배향도(Degree of preferred orientation, p(111))가 1.6 이상인 금속 박막 기판.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막의 (111)/(200)이 10 이상인 금속 박막 기판.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막의 두께가 10nm 이상인 경우 상기 금속 박막의 (111)면의 배향도(Degree of preferred orientation, p(111))가 1.7 이하인 금속 박막 기판.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막의 두께가 10nm 이상인 경우 상기 금속 박막의 (111)/(200)이 12 이하인 금속 박막 기판.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

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

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막의 조도가 0 nm 초과, 0.8 nm 이하인 금속 박막 기판.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 기판은 투명 폴리머 기판인 금속 박막 기판.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 기판은 전도성 산화물 또는 질화물을 포함하는 금속 박막 기판.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막 기판은 30Ω/sq 이하의 면저항을 가지는 금속 박막 기판.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막 기판은 85% 이상의 광투과도를 가지는 금속 박막 기판.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서,

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

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서,

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

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 금속 박막은 질소로 도핑되는 금속 박막 기판.

청구항 16

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막의 두께가 10㎚ 이하인 경우, 상기 금속 박막의 질소 함유량은 20% 이하인 금속 박막 기판.

청구항 17

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 금속 박막은 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 공정가스로 한 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 형성되는 금속 박막 기판.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 공정 가스는 아르곤(Ar) : 질소(N_2)가 45 : 2 내지 35의 비율인 금속 박막 기판.

청구항 19

제1항 또는 제2항 중 어느 한 항에 기재된 금속 박막 기판을 포함하는 물품.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 물품은 디스플레이용 투명 전극, 편광판, 태양전지용 투명 전극, 저방사코팅, 투명히터용 전극, 또는 반도

체용 미세금속전극인 물품.

청구항 21

기판을 준비하는 단계;

상기 기판 상에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 은(Ag) 또는 은합금을 포함하는 금속 박막을 형성하는 단계;를 포함하되,

상기 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)의 공정 가스는 질소(N_2)를 포함하는 금속 박막 기판의 제조방법.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)의 공정 가스는 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 포함하는 금속 박막 기판의 제조 방법.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 공정 가스는 아르곤(Ar) : 질소(N_2)가 45 : 2 내지 35 의 비율인 금속 박막 기판의 제조 방법.

청구항 24

제21항에 있어서,

상기 금속 박막의 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율은 상기 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 감소하는 금속 박막 기판의 제조 방법.

청구항 25

제21항에 있어서,

상기 금속 박막의 두께가 10㎚ 이하인 경우, 상기 금속 박막의 질소 함유량은 20% 이하인 금속 박막 기판의 제조방법.

청구항 26

제21항에 있어서,

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

청구항 27

제21항에 있어서,

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

청구항 28

제21항에 있어서,

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

발명의 설명

기 술 분 야

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

배 경 기 술

[0002] 은(Ag)을 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.

[0004] 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.

[0006] 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)에서 두드러지게 나타나고 고전도성 금속인 구리(Cu), 니켈(Ni), 알루미늄(Al) 등에서도 일정 부분 발생한다.

[0008] 기판 상에서의 금속의 이러한 성장 특성은 성장 초기부터 2차원 연속 박막이라는 요구조건을 만족시키기는 어렵고 연속 박막을 형성하기 위해서는 일정 이상의 두께가 요구되었다.

[0010] 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, Cu 등)을 도핑한 금속, (5) 금속에 미량의 산소의 도핑 등이 사용되어져 왔다.

[0012] 이상에서와 같이 금속의 3차원 성장 거동을 억제하기 위한 종래 기술은 기판 표면을 조절/변경하거나 성장되는 물질이 제한되는 특성이 있었다.

[0014] 한편, 미량의 타금속을 도핑할 경우 은(Ag)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.

[0016] 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

[0017] 본 발명은 성장 초기부터 2차원 연속 박막으로의 성장되고 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막이 형성되는 금속 박막 기판을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명은 성장 초기부터 2차원 연속 박막으로의 성장되고 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막이 형성되는 금속 박막 기판의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0021] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 더욱 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

[0022] 본 발명의 일 측면에 의하면, 기판; 및 상기 기판 상에 형성되며 은(Ag) 또는 은합금을 포함하는 금속 박막;을 포함하되, 상기 금속 박막의 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율은 상기 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 감소하는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0024] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 기판; 및 상기 기판 상에 형성되면 은(Ag) 또는 은합금을 포함하는 금속 박막;을 포함하되, 상기 금속 박막은 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)을 통하여 형성되며, 상기 공정의 공정 가스는 질소(N_2)를 포함하는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 (111)면의 배향도(Degree of preferred orientation, p(111))가 1.6 이상인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 (111)/(200)이 10 이상인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 두께가 10nm 이상인 경우 상기 금속 박막의 (111)면의 배향도(Degree of preferred orientation, p(111))가 1.7 이하인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 두께가 10nm 이상인 경우 상기 금속 박막의 (111)/(200)이 12 이하인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 두께는 0nm 초과, 40nm 이하인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 조도가 0 nm 초과, 0.8 nm 이하인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0038] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기판은 투명 폴리머 기판인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0040] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기판은 전도성 산화물 또는 질화물을 포함하는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막 기판은 30Ω/sq 이하의 면저항을 가지는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0044] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막 기판은 85% 이상의 광투과도를 가지는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0046] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기판 및 상기 금속 박막 사이에 형성되는 중간층;을 더 포함하는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0048] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막 상에 형성되는 보호층;을 더 포함하는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0050] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막은 질소로 도핑되는 것을 특징으로 하는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0052] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 두께가 10nm 이하인 경우, 상기 금속 박막의 질소 함유량은 20% 이하인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0054] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막은 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 공정가스로 한 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 형성되는 금속 박막 기판이 제공된다.

[0056] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 공정 가스는 아르곤(Ar) : 질소(N_2)가 45 : 2 내지 35의 비율인 금속 박막 기판이 제공된다.

[0058] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 상기 금속 박막 기판을 포함하는 물품이 제공된다.

[0060] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 물품은 디스플레이용 투명 전극, 편광판, 태양전지용 투명 전극, 저방사코팅, 투명히터용 전극, 또는 반도체용 미세금속전극인 물품이 제공된다.

[0062] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 기판을 준비하는 단계; 상기 기판 상에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 은(Ag) 또는 은합금을 포함하는 금속 박막을 형성하는 단계;를 포함하되, 상기 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)의 공정 가스는 질소(N_2)를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 박막 기판의 제조방법이 제공된다.

[0064] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)의 공정 가스는 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 포함하는 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0066] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 스퍼터링 공정의 공정 가스는 아르곤(Ar) : 질소(N_2)가 45 : 2 내지 35의 비율인 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0068] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율은 상기 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 감소하는 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0070] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막의 두께가 10nm 이하인 경우, 상기 금속 박막의 질소 함유량은 20% 이하인 금속 박막 기판의 제조방법이 제공된다.

[0072] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기판 및 상기 금속 박막 사이에 중간층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0074] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막 상에 보호층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

[0076] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 박막을 형성하는 단계는 100℃ 이하에서 수행되는 금속 박막 기판의 제조 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0078] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 본 발명에 의한 금속 박막 기판은 성장 초기부터 2차원 연속 박막으로 성장되며 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막을 제공할 수 있다.

[0080] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 본 발명에 의한 금속 박막 기판의 제조방법은 금속 박막 성장 초기부터 2차원 연속 박막으로 성장을 효율적으로 유도할 수 있어 광투과율 및 전도성이 우수한 금속 박막을 대면적으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0081] 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 공정가스의 유량 및 금속 박막의 두께에 따른 금속 박막의 배향성을 나타낸 도면이다.

도 6은 공정가스의 유량 및 금속 박막의 두께에 따른 금속 박막의 배향도를 나타낸 도면이다.

도 7a 내지 도 7c는 공정가스의 유량 및 금속 박막의 두께에 따른 배향성과 관련된 Psi rocking curve를 시각적으로 강조한 Pole figure이다.

도 8a 내지 8g는 공정가스의 유량에 따른 금속 박막의 FE-SEM 사진이다.

도 9는 금속 박막 기판 내 조성 분석을 나타낸 도면이다.

도 10은 공정가스 유량에 따른 금속 박막 기판의 표면 조도를 비교한 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판의 두께 변경에 따른 표면 조도를 비교한 도면이다.

도 12는 공정가스 유량에 따른 금속 박막 기판의 저항값을 비교한 도면이다.

도 13은 본 발명에 의한 금속 박막을 2theta scan하여 Ag(N)내에 독립적인 AgN phase가 존재하지 않음을 확인한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 14a 및 도 14b는 Ag(N) 내의 N (질소) 잔량 검출을 위한 SIMS 분석을 한 결과를 나타낸다.

도 15a 및 도 15b는 본 발명의 일 실시예에 의한 금속 박막 기판의 광전 특성을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0082] 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.

[0084] 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.

[0086] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0088] 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.

[0090] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판의 내부 구성을 보인 종단면도이다.

[0092] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판은 기판(110) 및 금속 박막(120)을 포함한다.

[0094] 상기 기판(110)은 상기 금속 박막(120)이 성장할 수 있는 모재가 된다.

[0096] 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.

[0098] 상기 기판(110)은 금속 박막(120)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.

[0100] 바람직하게는, 상기 기판(110)은 배향성(preferred orientation)을 갖는다. 상기 기판(110)의 배향성은 기판(110)에서 성장할 금속 박막(120)의 배향성에 영향을 미칠 수 있다.

[0102] 상기 금속 박막(120)은 상기 기판(110) 상에 형성된다. 상기 금속 박막(120)은 성장 초기부터 2차원 연속 박막으로의 성장될 수 있도록 형성된다.

[0104] 일반적으로 금속은 상기 기판(110) 상에 금속의 낮은 젖음성으로 인하여 2차원 연속박막이 아닌 3차원 입자로 성장하려는 거동을 보인다. 본 발명에 의하면 이러한 금속의 성장거동은 성장 초기에 형성되는 금속의 배향성의 조절을 통하여 제어할 수 있다.

[0106] 본 발명의 일 실시예에서는 금속 박막(120)은 은(Ag) 또는 은 합금을 포함한다. 은(Ag) 또는 은 합금의 일반적인 성장거동을 배향성 측면에서 살펴보면 초기에는 (111)면뿐만 아니라 그 외의 면들도 발달한다. 이후 은(Ag) 또는 은 합금의 두께가 두꺼워짐에 따라 (111)면의 비율이 점점 높아지게 된다. 이러한 성장거동에 변화를 주어 성장 초기부터 은(Ag) 또는 은 합금의 (111)면이 그 외의 면에 비해 우세하게 성장하도록 할 수 있다.

[0108] 상기 금속 박막(120)의 (111) 성장 방향을 가진 (111) 면이 우세한 것은 빠른 초기 연속 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. 종래기술에 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 박막을 가진다.

[0110] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막(120)의 (111)면의 배향도(Degree of preferred orientation, p(111))가 1.6 이상일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 의하면, 금속 박막(111)의 두께가 상대적으로 얇은 상태에서 (111)면의 배향도가 높아 우수한 연속 박막을 가진다. 이에 제한되는 것은 아니나, 금속 박막의 두께가 10nm 이하인 경우, p(111)이 1.6 이상으로 높아 초기 연속 박막 형성에 유리하다.

[0112] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막(120)의 (111)/(200)이 10 이상일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 의하면, 금속 박막(120)의 두께가 상대적으로 얇은 상태에서 (111)/(200)이 높아 우수한 연속 박막을 가진다. 이에 제한되는 것은 아니나, 금속 박막의 두께가 10nm 이하인 경우, (111)/(200)이 10 이상으로 높아 초기 연속 박막 형성에 유리하다.

[0114] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막(120)의 두께가 10nm 이상인 경우 상기 금속 박막(120)의 (111)면의 배향도(Degree of preferred orientation, p(111))가 1.7 이하일 수 있다. 상기 금속 박막(120)의 두께가 10nm 이상인 경우 p(111)가 종래 금속 박막에 비해 상대적으로 낮아져서 금속 박막(120)의 수직 성장이 우세하여 원하는 두께의 연속 박막을 신속하게 성장시킬 수 있다.

[0116] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막의 두께가 10nm 이상인 경우 상기 금속 박막의 (111)/(200)이 12 이하일 수 있다. 상기 금속 박막(120)의 두께가 10nm 이상인 경우 p(111)가 종래 금속 박막에 비해 상대적으로 낮아져서 금속 박막(120)의 수직 성장이 우세하여 원하는 두께의 연속 박막을 신속하게 성장시킬 수 있다.

[0118] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막(120)의 두께는 0nm 초과, 40nm 이하일 수 있다. 상기 금속 박막(120)의 두께는 0nm 초과, 24nm 이하가 바람직하고, 14nm 이하가 더 바람직하고, 12nm 이하가 더욱더 바람직하고, 10nm 이하가 더욱더 바람직하고, 8nm 이하가 더욱더 바람직하다. 상기 금속 박막(120)은 투광도가 저하되지 않도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0120] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막(120)의 조도가 0 nm 초과, 0.8 nm 이하일 수 있다. 본 발명에 의한 상기 금속 박막(120)은 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율이 상대적으로 높아 초기 연속 박막의 2차원적 성장이 유도되어, 상기 금속 박막(120)이 얇은 두께에서도 낮은 조도를 가지는 것을 특징으로 한다.

[0122] 상기 금속 박막(120)은 공정 가스로 질소(N_2)를 포함하는 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)에 의해 형성될 수 있다. 따라서, 상기 금속 박막(120)은 질소를 함유하고 있을 수 있다. 이에 제한되는 것은 아니

나, 상기 금속 박막(120)의 두께가 10nm 이하인 경우 상기 금속 박막(120)의 질소 함유량은 20% 이하일 수 있다.

[0124] 은(Ag)의 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)의 젖음성이 좋은 물질로 알려져 있다. 산화아연(ZnO)은 (002)면이 주로 발달하며 이는 은(Ag)의 (111)면과 같은 성장 방향성을 가진다. 즉, 금속 박막(120)이 초기 성장 시에 기판(110)의 배향성에 상응하여 형성되도록 제어하는 것이다.

[0126] 본 발명의 실시예에서는 금속 박막(120)으로 은(Ag)을 사용하였으나, 이에 제한되는 것은 아니며 금속 박막(120)은 은 합금 및 니켈(Ni)과 같이 상술한 배향성에 관한 특성을 지닌 금속 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0128] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 금속 박막 기판의 내부 구성을 보인 종단면도이다.

[0130] 도 2의 (A)를 참조하면, 본 발명의 제2실시예에 따른 금속 박막 기판은 중간층(130)을 더 포함할 수 있다. 도 2의 (B)를 참조하면, 본 발명의 제3실시예에 따른 금속 박막 기판은 보호층(140)을 더 포함할 수 있다. 도 2의 (C)를 참조하면, 본 발명의 제4실시예에 따른 금속 박막 기판은 기판(110), 중간층(130), 금속 박막(120) 및 보호층(140)을 포함한다. 예를 들어, 상기 금속 박막 기판은 투명 무기물층-금속 박막-투명 무기물층 구조로 적층되어 형성된 투명 전도성 박막일 수 있다.

[0132] 상기 중간층(130)은 상기 기판(110)과 상기 금속 박막(120) 사이에 형성된다. 상기 중간층(130)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(130)은 상기 기판(110)에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)으로 투명하게 형성되며, 20~200nm의 두께를 가질 수 있다. 상기 중간층(130)은 상기 기판(110)의 투광도를 유지하면서 전기전도도를 높일 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0133]

[0134] 바람직하게는, 상기 중간층(130)은 금속의 젖음성이 좋은 물질을 포함한다. 상기 중간층(130)은 본 발명의 일 실시예에서의 기판(110)의 역할을 대체할 수 있는 것이다. 상기 중간층(130)은 상기 기판(110)이 유리나, 폴리머 재질과 같은 경우에 배향성을 갖는 산화아연(ZnO)과 같은 물질을 포함하도록 하여 상기 금속 박막(120)의 성장특성에 영향을 미치도록 할 수 있다.

[0136] 상기 보호층(140)은 상기 금속 박막(120) 상에 형성되며, 상기 금속 박막(120)의 산화를 방지하고 물리적 손상을 방지하는 역할을 한다. 상기 보호층(140)은 산화아연(ZnO), ITO, IZO, AZO, GZO, IGZO, ATO, 및 TiO_2 중 어느 하나로 이루질 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 보호층(140)은 상기 기판(110)에 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)으로 투명하게 형성되며, 20~200nm의 두께를 가질 수 있다. 상기 중간층(130)은 상기 기판(110)의 투광도를 유지하면서 전기전도도를 높일 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 보호층(140)은 산화아연(ZnO)으로 형성하였다.

[0138] 또한, 상기 중간층(130)과 상기 보호층(140)은 동일 재료로 구성될 수도 있고 이종의 재료로 구성될 수도 있다.

[0140] 본 발명에 의한 금속 박막 기판은 도 2에서 살펴본 바와 같이 금속박막(120), 중간층(130) 및 보호층(140)의 다

양한 조합으로 구성이 가능하다.

[0142] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 30Ω/sq 이하의 우수한 면저항을 가질 수 있다.

[0144] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 10㎜ 이하의 굴곡지름에 대한 내굴곡 특성을 가질 수 있다.

[0146] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 85% 이상의 광투과도를 가질 수 있다. 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 가시광선 영역(400-800㎚)에서는 90% 이상의 광투과도를 가질 수 있다.

[0148] 상술한 바와 같이, 본 발명에 의한 금속 박막 기판은 금속 박막 형성 초기에 우수한 2차원 연속 박막의 형성으로 전기전도도, 및 광투과도 특성 등이 우수하여 다양한 응용 분야의 물품에 활용될 수 있다.

[0150] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막 기판은 디스플레이용 투명 전극, 편광판, 태양전지용 투명 전극, 저방사코팅, 투명히터용 전극, 또는 반도체용 미세금속전극에 활용될 수 있다.

[0152] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판의 제조방법을 나타낸 순서도이다.

[0154] S210 단계에서는 기판(110)을 형성한다. 상기 기판(110)은 중간층(130)이 없는 경우 산화아연(ZnO)를 포함하도록 형성할 수도 있으나, 이에 제한되지 않으며 상술한 다양한 소재를 사용할 수 있다.

[0156] S220 단계에서는 스퍼터링 공정에 사용될 공정가스의 유량을 결정한다.

[0158] S230 단계에서는 금속 박막(120)을 형성한다.

[0160] 본 발명의 일 실시예에서 금속 박막(120)은 은(Ag)을 스퍼터링 타겟으로 하는 스퍼터링 공정에 의해 형성되며 공정가스는 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 포함한다. 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.

[0162] 실험 내지 이론적 계산을 통하여 공정가스의 유량에 따라 금속의 배향성이 어떻게 변화하는지 예측할 수 있으며, 이러한 배향성에 상응하도록 공정가스의 유량을 결정할 수 있게 된다.

[0164] 상기 금속 박막(120)의 증착에 있어서 공정가스를 아르곤(Ar) 한 종만을 사용하지 않고 질소(N_2)를 추가로 주입하였다. 질소(N_2)의 주입은 스퍼터링 공정의 플라즈마 환경을 변화시키기는 하지만 질소성분 자체가 금속 박막(120)의 전도성, 투과성과 같은 광전 특성에는 영향을 미치지 않는다. 본 발명에 있어서 상기 질소(N_2)의 주입 공정은 NOx이 미량으로 포함되는 것을 본 발명의 범위에서 배제하는 것은 아니다.

[0166] 상기 질소(N_2)의 주입은 증착되는 은(Ag)의 초기 성장 시 (111)면의 발달을 유도한다. 이러한 특성은 상술한 바와 같이 금속 박막(120)을 형성함에 있어 매우 얇은 두께에서도 2차원 연속박막의 성장이 가능하게 한다.

[0168] 다른 측면에서, 질소(N_2)의 주입은 금속 박막(120)이 기판(110)의 배향성에 상응하는 배향성을 갖도록 유도한다. 또한, 질소(N_2)는 최종 생성물에는 최종 생성물의 구조에는 영향을 미친다. 그리고, 이때 증착되는 상기 금속 박막(120)은 상기 기판(110)의 배향성에 의존하는 특성이 있으며 기판(110)의 배향성에 상응하는 배향성을 갖도록 형성될 수 있다.

[0170] 한편, 질소(N_2)는 초기 스퍼터링 공정에서 금속과 상대적으로 활발하게 결합할 수 있어, 형성되는 금속 박막의 두께에 따라 잔존하는 질소(N_2)의 함유량은 차이가 있을 수 있다. 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 금속 박막의 두께가 10nm 이하인 경우, 상기 금속 박막의 질소 함유량은 바람직하게 20% 이하, 더욱 바람직하게 10% 이하이다.

[0172] 이에 제한되는 것은 아니나, 상기 스퍼터링 공정의 공정 가스는 아르곤(Ar) : 질소(N_2)가 바람직하게 45 : 2 내지 35, 더욱 바람직하게 45 : 4 내지 16의 비율을 가진다. 상기 범위에서 은(Ag)의 초기 성장 시 (111)면의 발달을 효율적으로 유도할 수 있다.

[0174] 상기와 같은 공정 가스의 제어로 상기 금속 박막(120)의 (111)면의 전체 결정면에 대한 비율은 상기 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라 감소하는 특징을 가진다.

[0176] 상기 금속 박막(120)의 배향성이 기판(110)에 의존하는 특성은 금속이 은(Ag)을 포함하고, 기판(110)이 산화아연(ZnO)을 포함하는 경우 더욱 두드러진다.

[0178] 상기 금속 박막(120)을 형성하는 단계는 100℃이하에서 수행될 수 있고, 바람직하게는 실온에서 수행될 수 있다.

[0180] 본 발명의 일 실시예에서 중간층(130)은 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)으로 형성하였으며, 스퍼터링 타겟(sputtering targer)으로 산화아연(ZnO)을 사용하였다.

[0182] 상기 중간층(130)은 초기 진공도가 3×10^{-6} Torr 이하에서 진공챔버 내부에 아르곤(Ar) 가스를 주입하고 작업 진공도 3×10^{-3} Torr에서 4 inch 산화아연(ZnO) 스퍼터링 타겟에 200 W의 RF 전력을 인가하여 증착하였다.

[0184] 상기 중간층(130)의 증착조건은 다음과 같다.

[0186] 상기 중간층(130) 증착조건

[0187] -스파터링 타겟: 산화아연(ZnO) (4 inch)

[0188] -작업 가스: Ar (100%, 45sccm)

[0189] -작업진공도: 3×10^{-3} Torr

[0190] -RF전력: 200W

[0191] -코팅속도: 0.12 nm/sec

[0192] -특성: n-type

[0194] 본 발명의 일 실시예에서 금속 박막(120)은 물리기상증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)으로 형성하였으며, 스퍼터링 타겟(sputtering targer)으로 은(Ag)을 사용하였다.

[0196] 상기 금속 박막(120)의 증착조건은 다음과 같다.

[0198] 상기 금속 박막(120) 증착조건

[0199] -스파터링 타겟: 은(Ag) (4 inch)

[0200] -공정 가스: 아르곤(Ar) : 질소(N_2) (45 : 0-32 sccm)

[0201] -작업진공도: 3×10^{-3} Torr

[0202] -RF전력: 50W

[0203] -온도(℃) : 실온

[0204] -코팅속도: ~0.18--~0.16 nm/sec

[0206] 상기 보호층(140)은 중간층(130)과 동일한 재료로 형성하였으며, 스퍼터링 공정을 이용하여 증착조건도 동일하게 하였다.

[0208] 도 4는 일반적인 금속의 성장패턴과 본 발명의 의한 금속의 성장패턴을 비교한 도면이다.

[0210] 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.

[0212] 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 연결을 통한 성장 거동을 보인다.

[0214] 도 5는 공정가스의 유량 및 금속 박막의 두께에 따른 금속 박막의 배향성을 나타낸 도면이다.

[0216] 도 5는 기판(110)으로 산화아연(ZnO), 금속 박막(120)으로 은(Ag)이 사용된 결과이며, 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)의 유량은 각각 45:0 sccm, 45:4 sccm, 45:16 sccm을 사용하였다.

[0218] 결정면은 Nominal thickness-based 측정 결과로 이를 살펴보면, 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용하였을 때는 금

속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라, (200)면 보다는 (111)면이 발달하였다.

[0220] 이에 비해, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 사용하였을 때에는 성장 초기부터 (111)면이 급격히 증가하였고, 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라 (111)면의 비율이 급격히 감소하여 순수 Ag와 상반되는 결과로 나타났다.

[0222] 도 6은 공정가스의 유량 및 금속 박막의 두께에 따른 금속 박막의 배향성을 나타낸 도면이다.

[0224] (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.

[0226] 도 6은 기판(110)으로 산화아연(ZnO), 금속 박막(120)으로 은(Ag)이 사용된 결과이며, 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)의 유량은 각각 45:0 sccm, 45:4 sccm, 45:16 sccm을 사용하였다.

[0228] 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, 다른 면 보다는 (111)면이 발달하였다.

[0230] 이에 비해, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 사용하였을 때에는 성장 초기부터 (111)면이 발달하였고, 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라 (111)면의 비율이 감소하였다.

[0232] 도 7a 내지 도 7c는 공정가스의 유량 및 금속 박막의 두께에 따른 배향성과 관련된 Psi rocking curve를 시각적으로 강조한 Pole figure이다. 이들 측정을 통해 두께에 따른 Ag(111)의 발달 정도를 파악할 수 있다.

[0234] 도 7a를 참조하면, 상기 순수한 Ag의 경우 20nm에서의 Ag(111)의 발달 정도가 낮게 나타났다.

[0236] 도 7b 및 도 7c를 참조하면, 공정가스로 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 사용하였을 때에는 성장 초기부터 (111)면이 발달하였고, 금속 박막(120)의 두께가 증가함에 따라 (111)면의 비율이 감소하였다.

[0238] 도 8a 내지 도 8f는 공정가스의 유량에 따른 금속 박막의 FE-SEM(Model S-5500, Hitachi Co) 사진이다.

[0240] 도 8a는 기판(110)으로 산화아연(ZnO), 금속 박막(120)으로 은(Ag)이 사용된 결과이며, 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)의 유량은 각각 45:0 sccm(도 8a의 a), 45:4 sccm(도 8a의 b), 45:8 sccm(도 8a의 c) 45:16 sccm(도 8a의 d)을 사용하였다.

[0242] 다만, 정확하게는 도 8a의 a에서의 금속 박막(120)은 금속 박막(120)으로의 성장 전의 형태이며 2차원 연속 박막으로 형성되기 전의 성장특성을 나타낸다. 금속의 수직두께(nominal thickness)는 2nm이다.

[0244] 도 8a를 참조하면, 공정가스로 아르곤(Ar)만을 사용한 경우는 입자들이 개별적으로 성장하고 서로 연결이 되지

않는 성장거동을 보임에 비해(도 8a의 a), 공정가스로 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 사용하였을 때에 금속 입자들이 서로 연결되어 2차원 연속 박막을 형성하려는 성장경향을 보임을 알 수 있다(도 8a의 b 내지 d).

[0246] 도 8b 내지 도 8f는 Ag의 스퍼터링(sputtering) 공정에서 주입되는 Ar:N_2 가스의 비를 50sccm:0sccm (for Ag), 50sccm;4sccm (for AgNx(4sccm)), 50sccm:16sccm (for AgNx(16sccm)으로 조절하였을 때, 20 nm두께의 ZnO 박막 상에 다른 두께로 증착된 Ag와 AgNx의 모폴로지 특성 변화를 나타낸 것이다.

[0248] 도 8b를 참조하면, Ag, AgNx(N_2=4sccm), 및 AgNx(N_2=16sccm)의 모폴로지 비교 시, 2 nm 두께에서 Ag와 AgNx(4sccm)은 다각형의 형태를 이루는 전형적이고 독립적인 개개의 금속 클러스터(metal cluster, 핵생성을 거치면서 성장한 아주 작은 입자들)를 형성하는데 반해, AgNx(16sccm)은 이러한 기존의 다각형 구조가 사라지고 그 대신 랜덤 클러스터(random cluster)와 이들을 연결하는 neck-like bridge로 구성되는 것을 알 수 있었다. 3 nm 두께에서는 AgNx(4sccm)에서도 이러한 랜덤 클러스터(random cluster) 구조는 확인되었으나, AgNx(4sccm)과 AgNx(16sccm)을 비교 시, AgNx(16sccm)이 ZnO 표면을 더 많이 덮고 있는 즉, 높은 젖음성(high wettability) 내지 확산(dispersion)이 확인되었다.

[0250] 도 8c를 참조하면, 이러한 랜덤 클러스터(random cluster) 구조는 Ag의 경우 더 두꺼운 박막 (~6 nm)에서 확인되었다. 동일 두께에서 AgNx(4sccm)과 AgNx(16sccm)에서는 훨씬 높은 젖음성(wettability)을 나타내고, 거의 모든 ZnO 표면은 AgNx에 의해 덮여지는 것이 확인되었다.

[0252] 도 8d를 참조하면, 12 nm 이상 두께에서 확인되는 것과 같이 두께가 많이 증가하면 Ag가 완전히 ZnO 표면을 커버하기는 하지만, 조대한 Ag입자들이 관찰되었다. 이에 반해 AgNx의 박막의 경우는 상대적으로 작은 입자들로 형성됨이 확인되었다.

[0254] 도 8e 및 도 8f는 AgNx에서 N_2양을 0sccm에서 24sccm까지 확대해서 초기 클러스터(cluster)의 발달(evolution) 과정을 확인한 결과를 나타낸다.

[0256] 도 8e를 참조하면, 1 nm 두께에서는 순수 Ag와 N-도핑된 Ag(N-doped Ag)의 비교에서, 그리고 낮은 N-doping level과 높은 N-doping level의 비교에서 명확한 차이를 발견할 수 없었다. 즉 핵생성 과정을 거치면서 형성되는 안정화된 미세 Ag 핵들의 밀도는 비슷하다고 볼 수 있다.

[0258] 도 8f를 참조하면, 이후 두께가 증가하면 3 nm 정도에서는 순수 Ag와 AgN간에는 명확한 차이가 존재한다. 순수 Ag는 아직 독립적이고 다각형의 클러스터들(polygonal cluster)의 형태로 ZnO 표면에 분포하고 있으며, Ag에 의한 ZnO 표면의 커버리지(coverage)는 아직 낮은 수준을 유지한다. 그러나, AgN에서는 특히 N의 양이 증가할수록, 클러스터간의 연결이 활성화되고 이러한 결합은 클러스터의 형태를 불규칙적(irregular)으로 바뀌게 만들며, 상대적으로 높은 수준의 ZnO 표면이 AgN에 의해 커버된다.

[0260] 이러한 AgN의 모폴로지 특성이 순수 Ag에서 발현되기 위해서는 두께가 더욱 증가하여, 클러스터의 크기가 증가되고 이에 의해 클러스터의 표면에너지가 낮아지며 또한 ZnO와의 계면접착력이 향상되어서 클러스터의 이동(migration)이 억제되어질 때 가능하다.

[0262] 도 8g는 공정가스 유무에 따른 금속 박막 기판 단면의 FE-SEM 사진이다.

[0264] 도 8g는 기판(110) 상에 중간층(130)으로 산화아연(ZnO), 보호층(140)으로 산화아연(ZnO)가 형성되고 중간층(130) 및 보호층(140) 사이에 6.5nm 두께로 형성된 은(Ag)의 단면을 나타낸다.

[0266] 공정가스로 아르곤(Ar)만 사용하였을 때에 비해(도 8g의 a), 공정가스로 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)를 사용하였을 때(도 8g의 b) 금속 박막(120) 계면의 거칠기가 상대적으로 낮고 연속 박막이 형성됨을 알 수 있다.

[0268] 도 9는 금속 박막 기판 내 조성 분석을 나타낸 도면이다.

[0270] 도 9는 실리콘 웨이퍼(Si wafer)로 형성한 기판(110) 상에 중간층(130)으로 산화아연(ZnO) 20nm, 보호층(140)으로 산화아연(ZnO) 5nm가 형성되고 중간층(130) 및 보호층(140) 사이에 24nm 두께로 Ag 금속층이 형성된 구조에서 XPS depth profiling으로부터 얻어진 조성 분석을 나타낸다. 스퍼터링 공정가스 중 아르곤(Ar) 및 질소(N_2)의 유량은 각각 45:0 sccm(도 9의 a), 45:4 sccm(도 9의 b), 45:8 sccm (도 9의 c) 45:16 sccm(도 9의 d)을 사용하였다.

[0272] 금속 박막 기판은 이온 에칭을 통해 제거하면서 실리콘 웨이퍼(Si wafer)만 검출될 때까지 조성분석을 진행하였다. 도 9의 a 내지 d에서 확인할 수 있듯이 금속 박막(120)을 나타내는 은(Ag)의 조성이 최고점인 에칭 시간 600sec 시점에서 질소(N_2)는 검출되지 않았다. 다만, 금속 박막(120)은 질소(N_2)의 포함을 완벽히 배제할 수는 없으며 XPS의 검출한도를 고려할 때 금속 박막(120) 내의 질소(N_2)는 1%이하이다.

[0274] 도 10은 공정가스 유량에 따른 금속 박막 기판의 표면 조도를 비교한 도면이다. 표면조도는 XRR(X-Ray Reflectivity, Model : Empyrean, PANalytical)를 이용하여 측정하였다.

[0275] 공정 가스가 Ar:N_2=45:4 sccm 또는 Ar:N_2=45:16 sccm 으로 투입한 경우, 아르곤(Ar)만을 사용한 경우보다 표면 조도가 낮아진 것을 알 수 있다.

[0277] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 박막 기판의 두께 변경에 따른 표면 조도를 비교한 도면이다. 표면조도는 AFM으로 측정하였다. 공정 가스가 Ar:N_2=45:4 sccm 으로 투입한 경우 금속 박막(120)을 6nm의 두께로 증착한 경우 가장 낮은 조도를 보였다.

[0279] 도 12은 공정가스 유량에 따른 금속 박막 기판의 저항 값을 비교한 도면이다.

[0280] 도 12는 Four-point probe system (MCP-T600, Mitsubishi Chemical Co.)에의해 ZnO(20nm)/Ag/ZnO(20nm)와 ZnO(20nm)/Ag(N)/ZnO(20nm) 구조에서 측정된 저항 (Resistivity) 값을 나타낸다.

[0282] 도 12를 참조하면, 저항값에 있어서 공정 가스로 Ar만을 사용한 경우보다 N_2와 혼합하여 사용한 경우가 저항값이 낮게 나타났으며 특히 얇은 두께에서 그 차이가 더욱 두드러지게 나타났다.

[0284] 이것은 저항(resistivity) 감소가 연속박막 형성에 의한 전도성(conductivity) 증가와 반비례한다는 점에서, 이 결과는 N-도핑이 Ag의 연속박막형성을 촉진하는 것이 확인되었다. 이러한 특성은 Ag(N), 8-16sccm에서

saturation되는 것이 확인되며, 이후 N 증가는 연속박막을 형성한 Ag (두께가 10 nm 이상)일 때 저항 증가로 이어질 수 있다.

[0286] 도 13은 본 발명에 의한 금속 박막을 2theta scan하여 Ag(N)내에 독립적인 AgN phase가 존재하지 않음을 확인한 결과를 보여주는 그래프이다.

[0288] 도 13을 참조하면, 모든 Ag peak들은 Ag(N)내에서도 확인가능하며 이로부터 본 실험에서 증착된 Ag(N)은 Ag 금속(metallic)임이 확인되었다. 한편, N inclusion의 영향으로 피크 강도(peak intensity)와 FWHM 값이 변하는 것으로 나타나 결정성(crystallinity)에 변화가 있는 것으로 확인할 수 있었다.

[0290] 도 14a 및 도 14b는 Ag(N) 내의 N (질소) 잔량 검출을 위한 SIMS 분석을 한 결과를 나타낸다. 상기 SIMS 분석 결과를 통해 N 잔량 검출이 가능하다는 것과 N 조성에 따라 Ag(111)/Ag(200)의 변화를 유발하는 메커니즘을 확인할 수 있었다.

[0291]

[0292] 상기 SIMS 분석은 한국기초과학지원연구원 부산센터(Korea Basic Science Institute, Busan Center)에서 진행하였고, 분석 장비 및 분석 조건은 표 1에 나타내었다.

[0294] **[표 1]**

분석장비	CAMECA IMS-6f Magnetic Sector SIMS				
분석조건	Cs^+ Gun, Impact Energy: 5keV, Current: 10nA, Raster Size: 200μmx200μm Analysis Area: 60μm(Φ), Detected Ion: $^{133}Cs^{12}C^+$, $^{133}Cs^{14}N^+$, $^{133}Cs^{16}O^+$, $^{133}Cs^{28}Si^+$, $^{133}Cs^{107}Ag^+$				
시료내역	Sample name	#02	#03	#04	#05
	Sample condition	AgNx(20nm) (N=4sccm)	AgNx(100nm) (N=4sccm)	AgNx(20nm) (N=16sccm)	AgNx(100nm) (N=16sccm)

[0295]

[0296] 도 14a는 Si 웨이퍼 상에 20 nm-두께의 Ag(N)를 나타내고 도 14b는 Si 웨이퍼 상에 100 nm-두께의 Ag(N)를 나타낸다.

[0298] 우선 N의 조성을 살펴보면, 도 14a를 참조하면, Ag(N)_1 ($Ar:N_2$ = 45:4 sccm)의 경우 초기 박막에는 5% 내외의 N atomic%가 도달된 후 감소하여 이후에는 1% 이하에서 유지하는 것으로 나타났다.

[0300] 도 14b를 참조하면, Ag(N)_2 ($Ar:N_2$ = 45:16 sccm)의 경우 초기 박막에는 5~15 내외의 N atomic %가 도달된 후 감소하여 이후에는 2~3%를 유지하는 것으로 나타났다.

[0302] 또한, 초기박막에서 N 증가를 측정한 SIMS 결과와 초기박막에서 N 주입에 따른 높은 (111)/(200)비를 측정한 XRD 결과의 연관성을 살펴보면, Ag 초기 박막 , 즉 아직 연속박막이 형성되지 않고 개별적 클러스터(individual cluster) 또는 입자(granule)로 이루어진 단계에서는 Ag 클러스터의 표면은 여러 면(face)을 가지는 다각형(polygonal) 구조로 이루어져 있음을 확인하였다.

[0303] 초기 Ag 클러스터(cluster)의 표면은 그 작은 클러스터 크기(cluster size)로 인해 높은 표면에너지에 의한 아주 높은 표면 반응성을 가지고 있고, 이러한 반응성은 크기가 증가할수록 감소한다.

[0304] 그러므로 Ag와 N 사이의 높은 결합에너지 장벽(barrier)에도 불구하고 이러한 높은 표면 반응성 (높은 표면에너지에 의한)을 낮추기 위해 많은 양의 N이 초기 Ag 클러스터에 흡착된다.

[0305] 이러한 N의 흡착은 이후 기상으로부터 클러스터에 도달되는 Ag 이온의 흡착을 방해함으로써(Ag-Ag cohesion을 억제시킴으로써) 해당 face의 성장을 억제한다.

[0306] 하지만 Ag 클러스터의 여러 face 중 (111)이 가장 낮은 표면에너지를 가짐으로써 다른 face들에 비해, 특히 (200)에 비해, 가장 안정되어 있으므로 N의 흡착이 상대적으로 억제된다. 이로부터 다른 face에 비해 Ag(111)의 성장은 지속된다.

[0307] 이것의 결과로써 p(111) 혹은 (111)/(200)의 비가 N_2 주입에 의해 급격히 증가한다. 이러한 p(111)의 증가는 클러스터 자체의 표면에너지를 낮춤으로써, nanoscopic cluster간의 coalescence (혹은 agglomeration)에 의한 3차원 성장을 억제하고 대신 안정된 다수의 클러스터로부터 얇은 박막에서도 2차원 연속박막을 형성하는 것으로 확인되었다(FE-SEM, TEM 결과).

[0309] 도 15a 및 도 15b는 본 발명의 일 실시예에 의한 금속 박막 기판의 광전 특성을 나타낸 도면이다.

[0311] 상기 본 발명의 모폴로지 특성으로부터 ZnO/Ag(N)/ZnO (ZnO 산화물 사이에 위치한 Ag(N) 박막 구조) 구조의 광특성 향상을 검증하였다(Optical transmittance UV-Visible-near infrared spectrophotometry, Cary series, Agilent technologies).

[0313] 도 15a를 참조하면, 400-2200 nm 파장대에서 측정한 총 광투과율 (total transmittance) Ag에 비해 Ag(N), 특히 Ag(N) 16sccm의 optimal total transmittance가 전파장대에서 높은 것이 확인되었다(가시광선 및 near-IR 영역).

[0315] 주목해야 하는 결과는, Ag의 경우 가시광 영역(400-800 nm)에서 optimal transmittance는 10-12 nm에서 확보되는 반면에, Ag(N) 16sccm의 경우는 그 optimal transmittance가 단지 6 nm 두께에서 확보된다. Optimal transmittance가 연속박막을 형성하는 최소 두께에서 확보되는 사실로부터 Ag에 비해 Ag(N) 16sccm에서 얇은 두께에서 연속박막을 형성하여 그 투과도가 향상되는 것을 확인할 수 있다. 이 사실은 N-도핑을 통한 연속박막 형성을 촉진한다는 위의 결과들과 일치한다.

[0316] 도 15b를 참조하면, 도 15a의 동일 광투과도 측정 자료를 가시광선 파장대로 축소할 경우, 명확하게 N-도핑의 증가에 의해 Ag(N)의 광투과율이 증가하고 더 낮은 두께에서 최고의 광투과율에 도달하는 것이 확인되었다.

[0318] 상술한 본 발명의 금속 박막 기판의 제조 방법은 박막 성장 초기부터 2차원 연속 박막으로 성장시킬 수 있어, 디스플레이 제조, 태양전지용 전극 제조, 히터, 반도체 공정 등 연속적 금속 박막 형성이 필요한 모든 분야에 유용하게 활용될 수 있다.

[0320] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리 범위 내에 포함된다고 할 것이다.

부호의 설명

[0321] 110: 기판

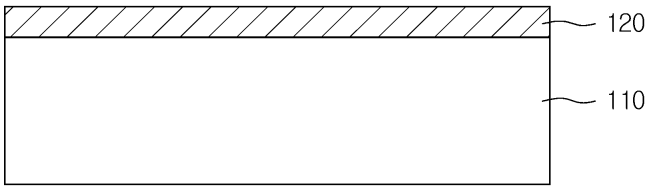
120: 금속 박막

130: 중간층

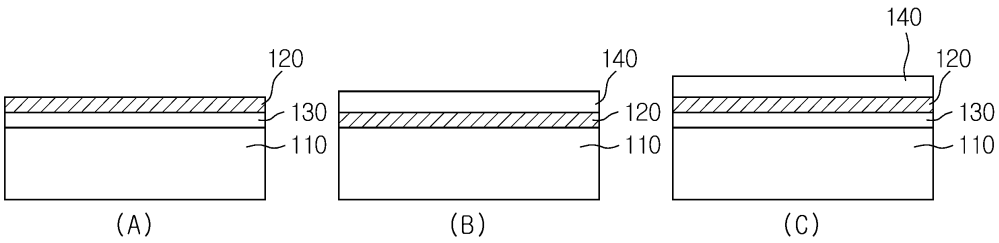
140: 보호층

도면

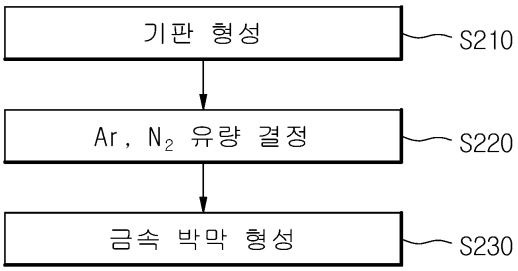
도면1



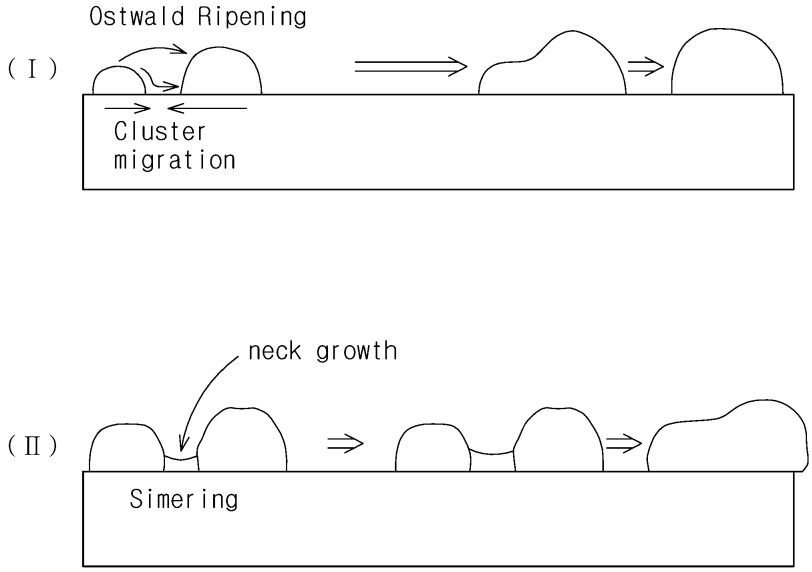
도면2



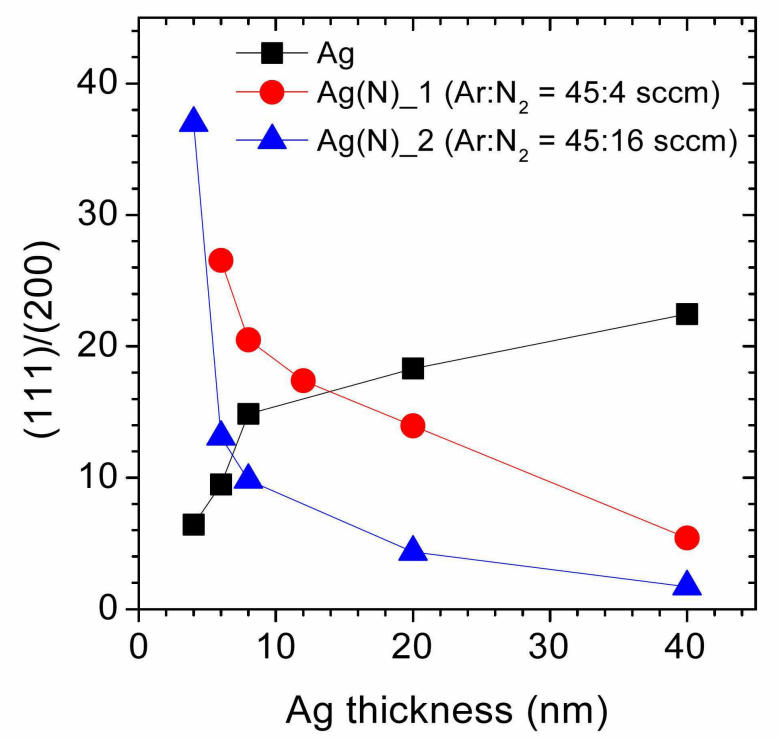
도면3



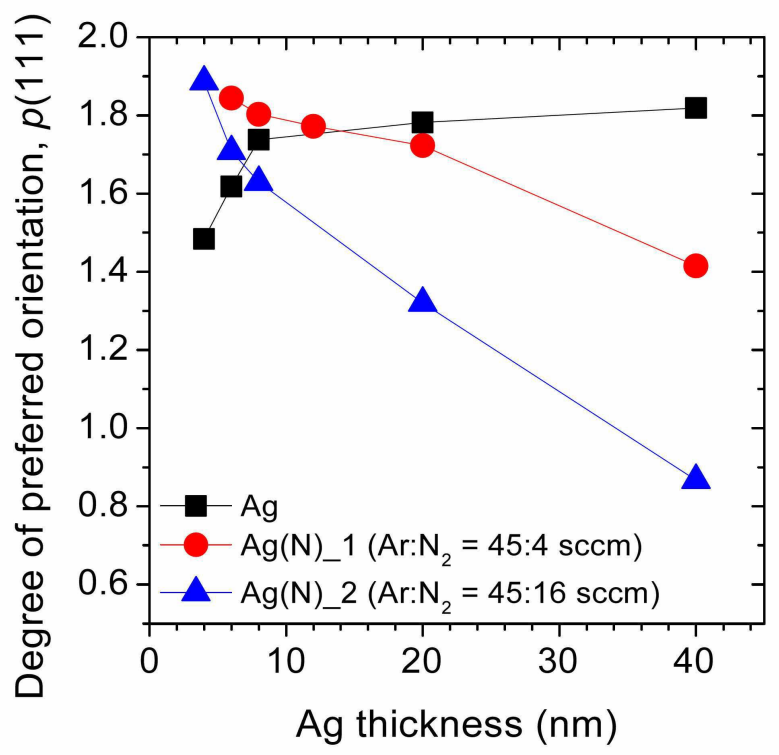
도면4


Ostwald Ripening
(I)
Cluster
migration
neck growth
(II)
Simering

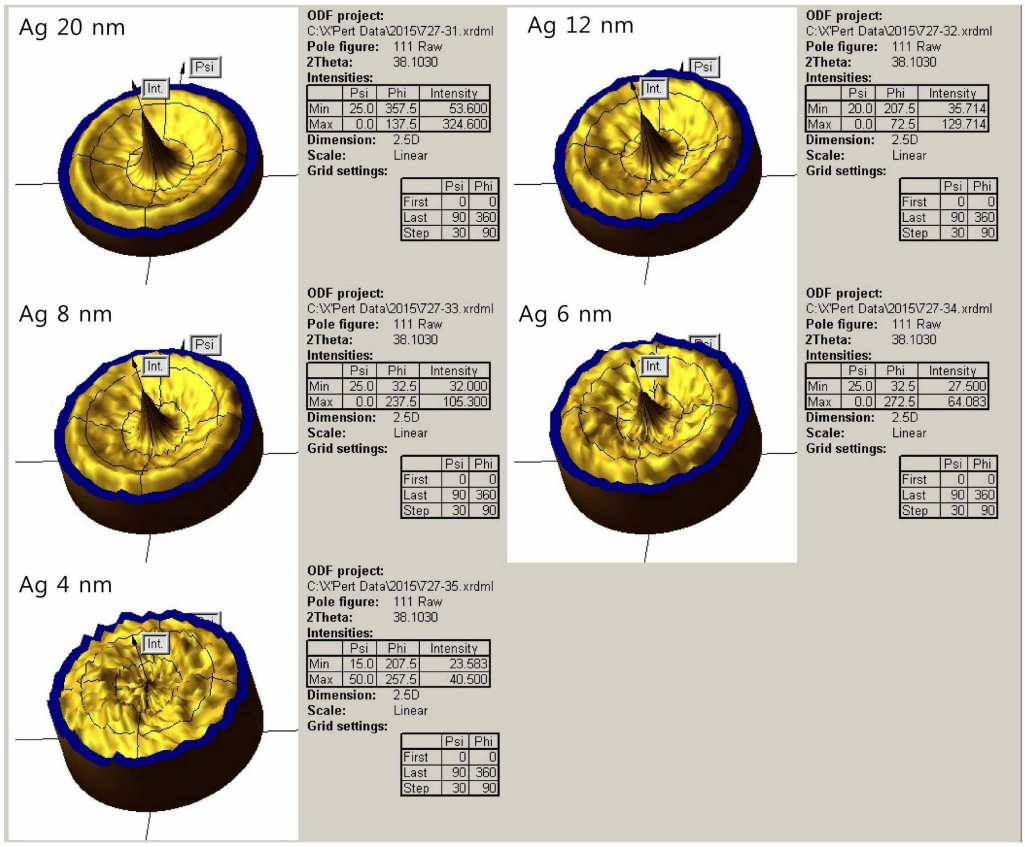
도면5


Ag
Ag(N)_1 (Ar:N2 = 45:4 sccm)
Ag(N)_2 (Ar:N2 = 45:16 sccm)
(111)/(200)
Ag thickness (nm)
0
10
20
30
40

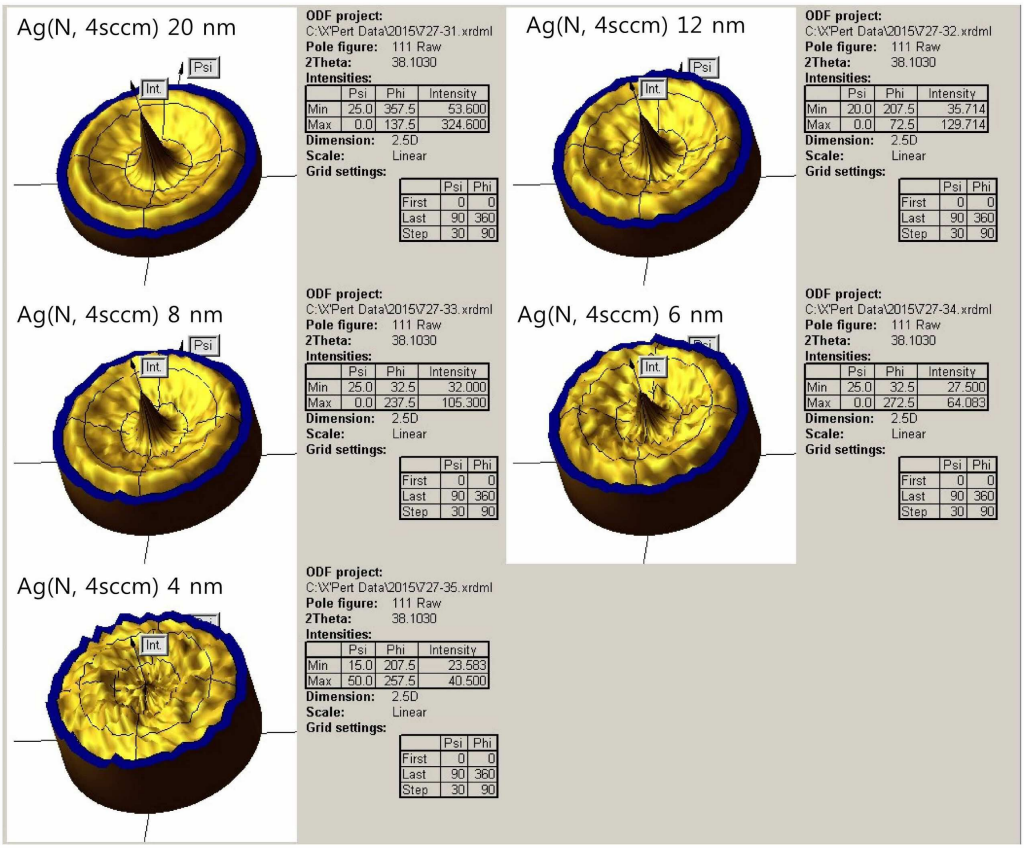
도면6


Degree of preferred orientation, p(111)
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0
10
20
30
40
Ag thickness (nm)
Ag
Ag(N)_1 (Ar:N2 = 45:4 sccm)
Ag(N)_2 (Ar:N2 = 45:16 sccm)

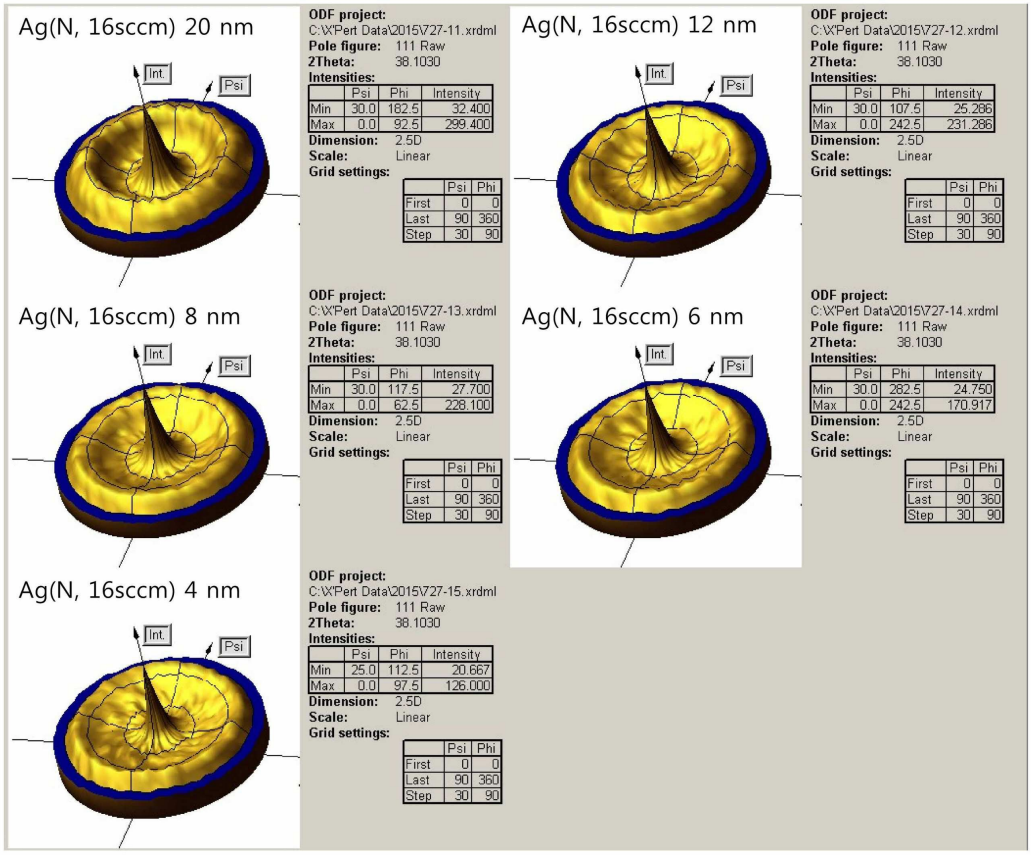
도면7a


Ag 20 nm
Psi
Int.
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-31.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 25.0 357.5 53.600
Max 0.0 137.5 324.600
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag 12 nm
Psi
Int.
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-32.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 20.0 207.5 35.714
Max 0.0 72.5 129.714
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag 8 nm
Psi
Int.
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-33.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 25.0 32.5 32.000
Max 0.0 237.5 105.300
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag 6 nm
Psi
Int.
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-34.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 25.0 32.5 27.500
Max 0.0 272.5 64.083
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag 4 nm
Int.
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-35.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 15.0 207.5 23.583
Max 50.0 257.5 40.500
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90

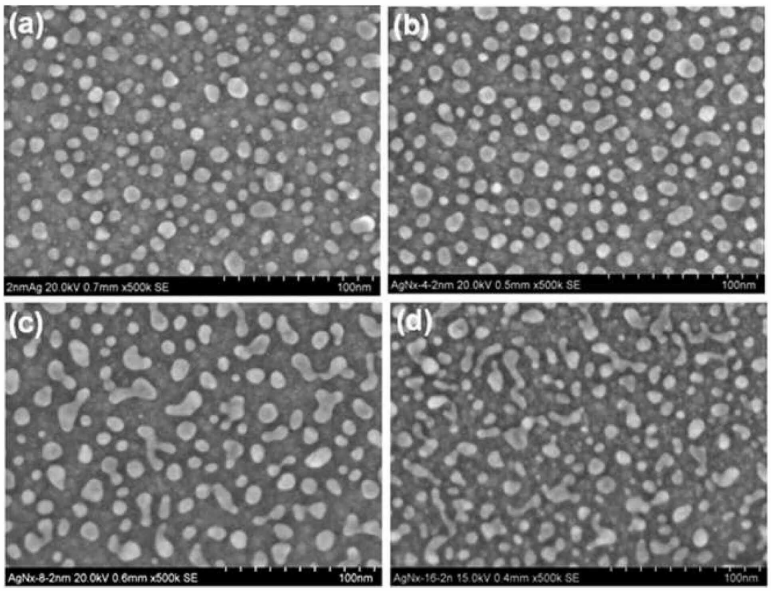
도면7b


Ag(N, 4sccm) 20 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-31.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 25.0 357.5 53.600
Max 0.0 137.5 324.600
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag(N, 4sccm) 12 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-32.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 20.0 207.5 35.714
Max 0.0 72.5 129.714
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag(N, 4sccm) 8 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-33.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 25.0 32.5 32.000
Max 0.0 237.5 105.300
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag(N, 4sccm) 6 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-34.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 25.0 32.5 27.500
Max 0.0 272.5 64.083
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag(N, 4sccm) 4 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-35.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 15.0 207.5 23.583
Max 50.0 257.5 40.500
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90

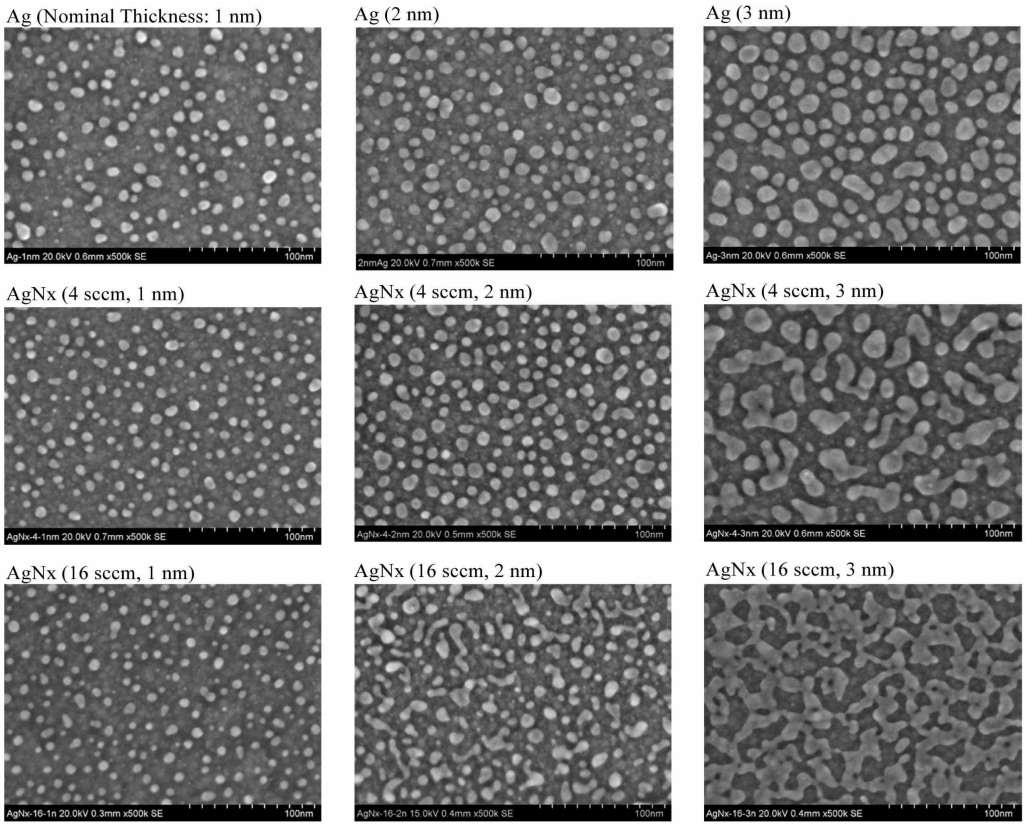
도면7c


Ag(N, 16sccm) 20 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-11.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 30.0 182.5 32.400
Max 0.0 92.5 299.400
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag(N, 16sccm) 12 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-12.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 30.0 107.5 25.286
Max 0.0 242.5 231.286
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag(N, 16sccm) 8 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-13.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 30.0 117.5 27.700
Max 0.0 62.5 228.100
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag(N, 16sccm) 6 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-14.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 30.0 282.5 24.750
Max 0.0 242.5 170.917
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90
Ag(N, 16sccm) 4 nm
ODF project:
C:\X'Pert Data\2015\727-15.xrdml
Pole figure: 111 Raw
2Theta: 38.1030
Intensities:
Psi Phi Intensity
Min 25.0 112.5 20.667
Max 0.0 97.5 126.000
Dimension: 2.5D
Scale: Linear
Grid settings:
Psi Phi
First 0 0
Last 90 360
Step 30 90

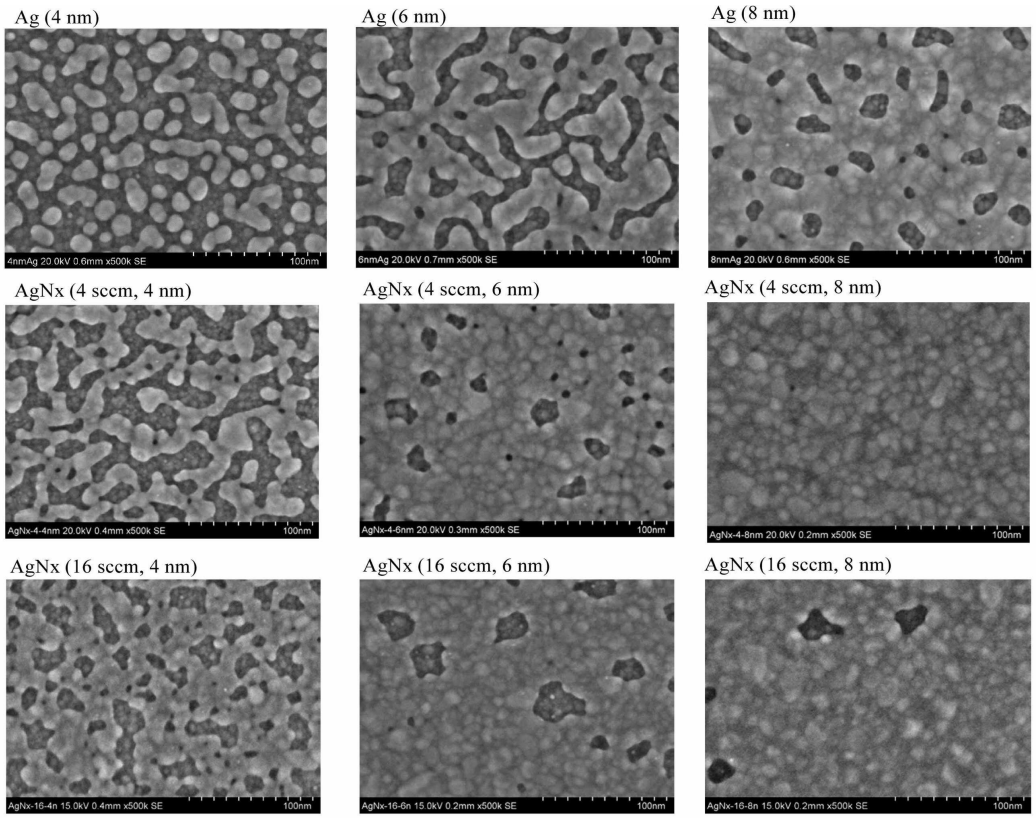
도면8a


(a)
2nmAg 20.0kV 0.7mm x500k SE
100nm
(b)
AgNx-4-2nm 20.0kV 0.5mm x500k SE
100nm
(c)
AgNx-8-2nm 20.0kV 0.6mm x500k SE
100nm
(d)
AgNx-16-2n 15.0kV 0.4mm x500k SE
100nm

도면8b

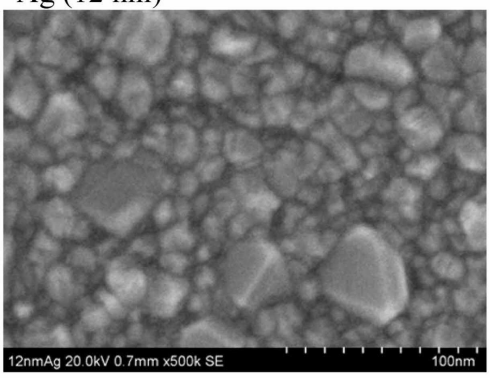

Ag (Nominal Thickness: 1 nm)
Ag-1nm 20.0kV 0.6mm x500k SE
100nm
Ag (2 nm)
2nmAg 20.0kV 0.7mm x500k SE
100nm
Ag (3 nm)
Ag-3nm 20.0kV 0.6mm x500k SE
100nm
AgNx (4 sccm, 1 nm)
AgNx-4-1nm 20.0kV 0.7mm x500k SE
100nm
AgNx (4 sccm, 2 nm)
AgNx-4-2nm 20.0kV 0.5mm x500k SE
100nm
AgNx (4 sccm, 3 nm)
AgNx-4-3nm 20.0kV 0.6mm x500k SE
100nm
AgNx (16 sccm, 1 nm)
AgNx-16-1n 20.0kV 0.3mm x500k SE
100nm
AgNx (16 sccm, 2 nm)
AgNx-16-2n 15.0kV 0.4mm x500k SE
100nm
AgNx (16 sccm, 3 nm)
AgNx-16-3n 20.0kV 0.4mm x500k SE
100nm

도면8c

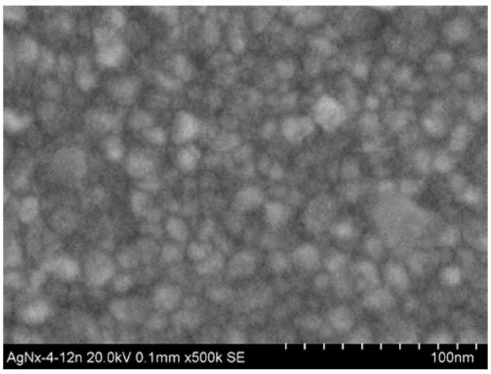

Ag (4 nm)
4nmAg 20.0kV 0.6mm x500k SE
100nm
Ag (6 nm)
6nmAg 20.0kV 0.7mm x500k SE
100nm
Ag (8 nm)
8nmAg 20.0kV 0.6mm x500k SE
100nm
AgNx (4 sccm, 4 nm)
AgNx-4-4nm 20.0kV 0.4mm x500k SE
100nm
AgNx (4 sccm, 6 nm)
AgNx-4-6nm 20.0kV 0.3mm x500k SE
100nm
AgNx (4 sccm, 8 nm)
AgNx-4-8nm 20.0kV 0.2mm x500k SE
100nm
AgNx (16 sccm, 4 nm)
AgNx-16-4n 15.0kV 0.4mm x500k SE
100nm
AgNx (16 sccm, 6 nm)
AgNx-16-6n 15.0kV 0.2mm x500k SE
100nm
AgNx (16 sccm, 8 nm)
AgNx-16-8n 15.0kV 0.2mm x500k SE
100nm

도면8d

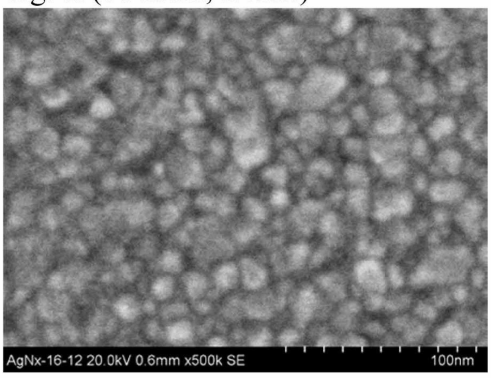
Ag (12 nm)



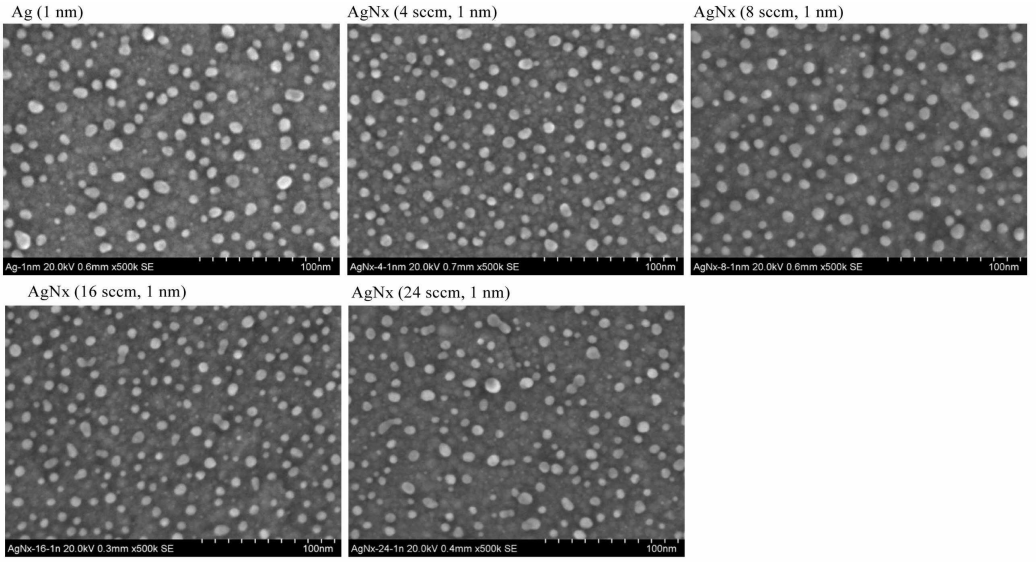
AgNx (4 sccm, 12 nm)



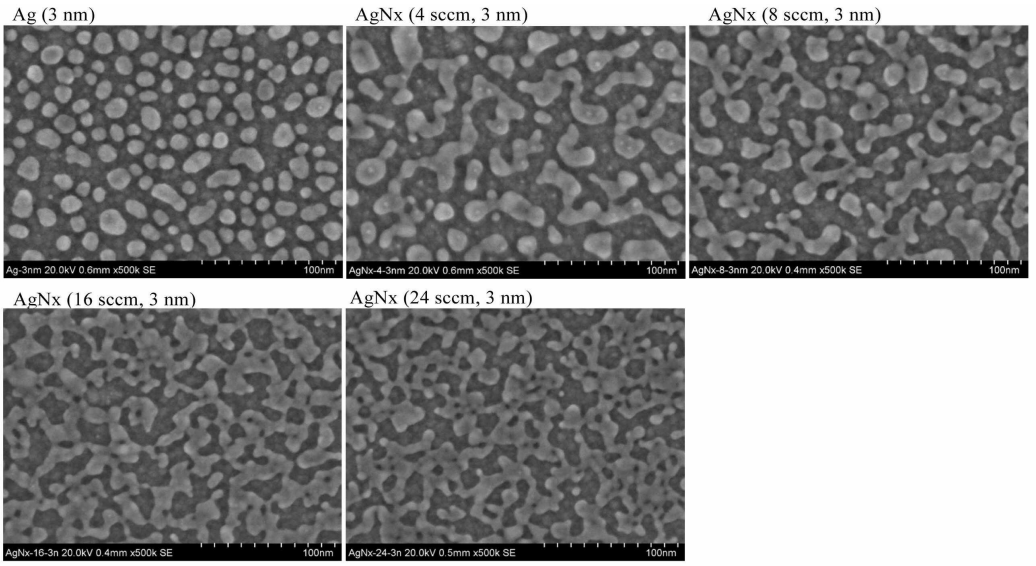
AgNx (16 sccm, 12 nm)



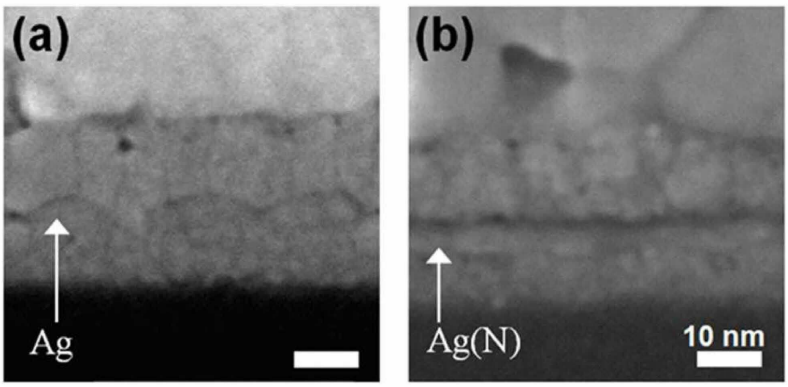
도면8e



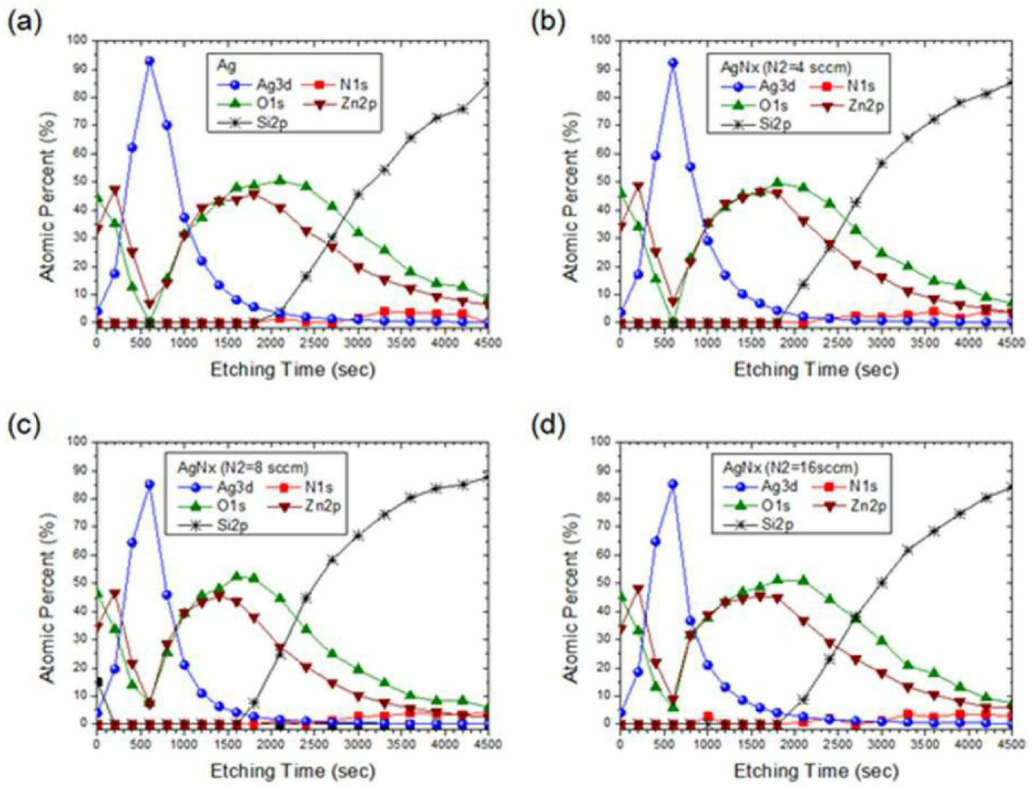
도면8f



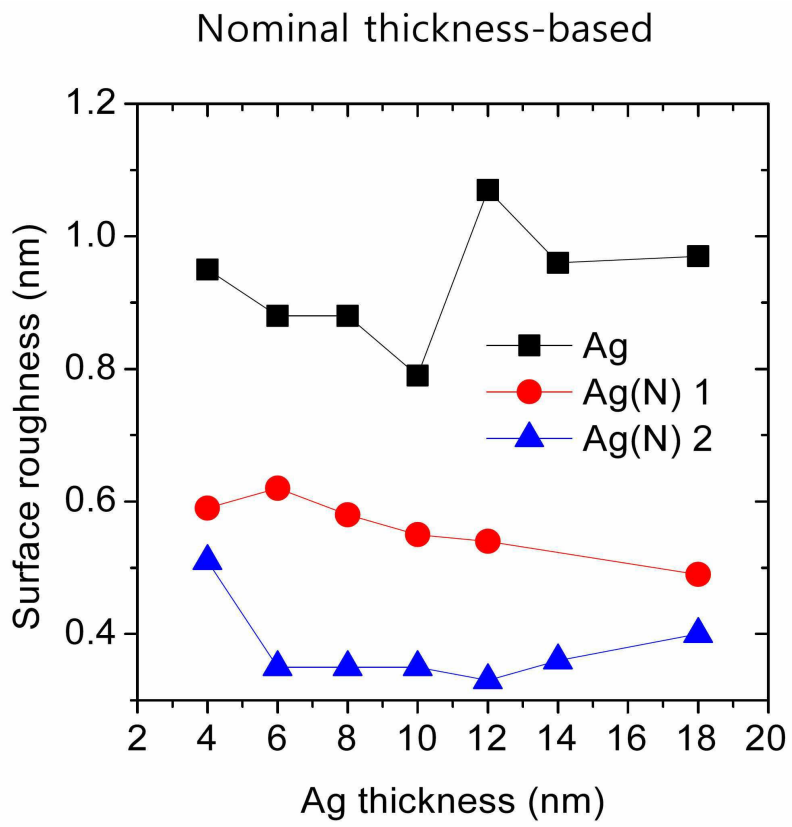
도면8g



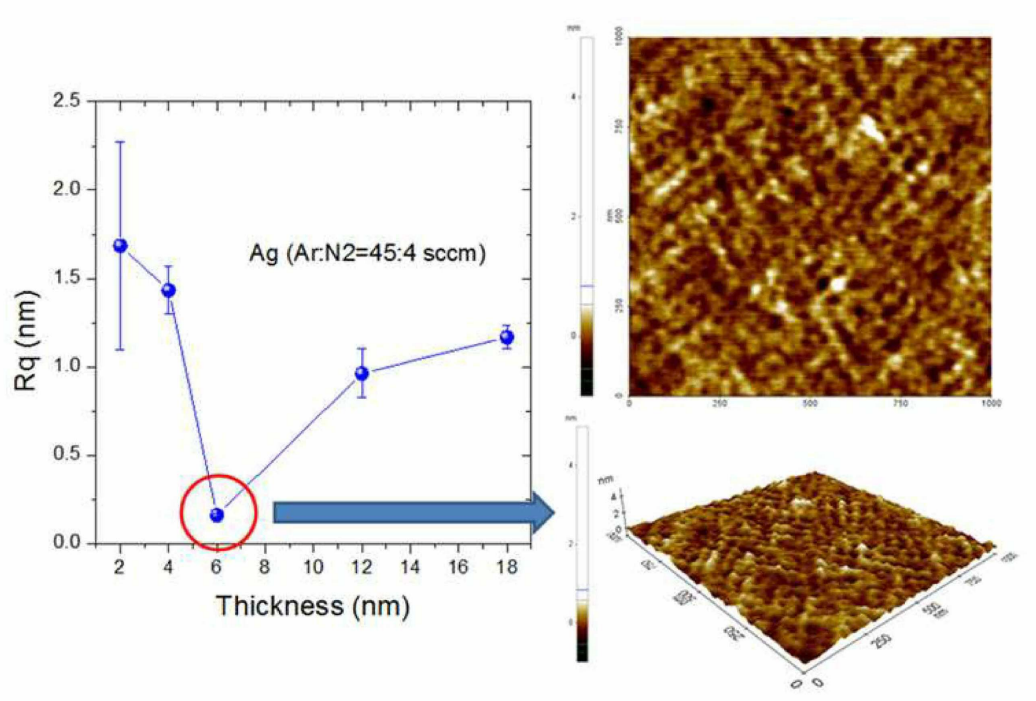
도면9


(a)
Ag
Ag3d
N1s
O1s
Zn2p
Si2p
Atomic Percent (%)
Etching Time (sec)
(b)
AgNx (N2=4 sccm)
(c)
AgNx (N2=8 sccm)
(d)
AgNx (N2=16sccm)

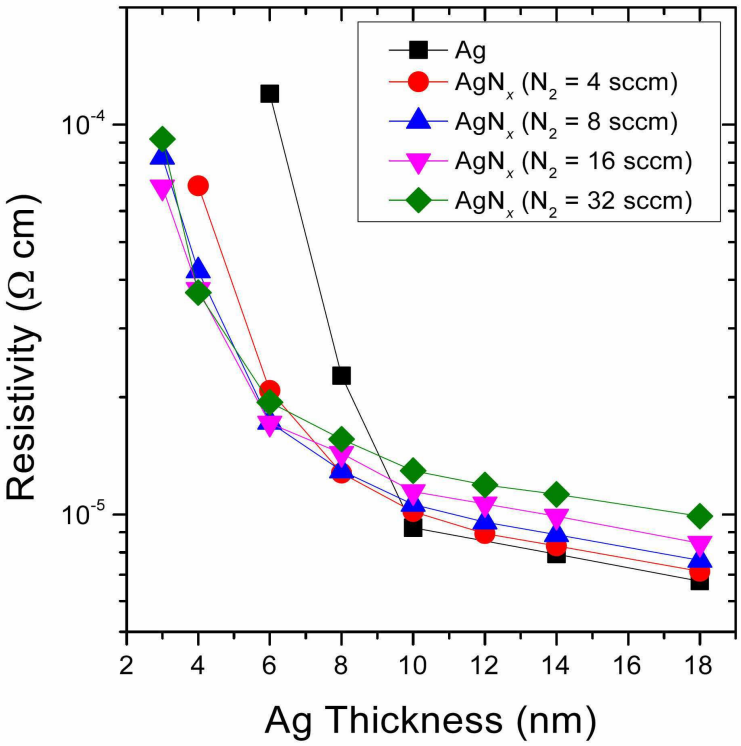
도면10


Nominal thickness-based
Surface roughness (nm)
Ag thickness (nm)
Ag
Ag(N) 1
Ag(N) 2

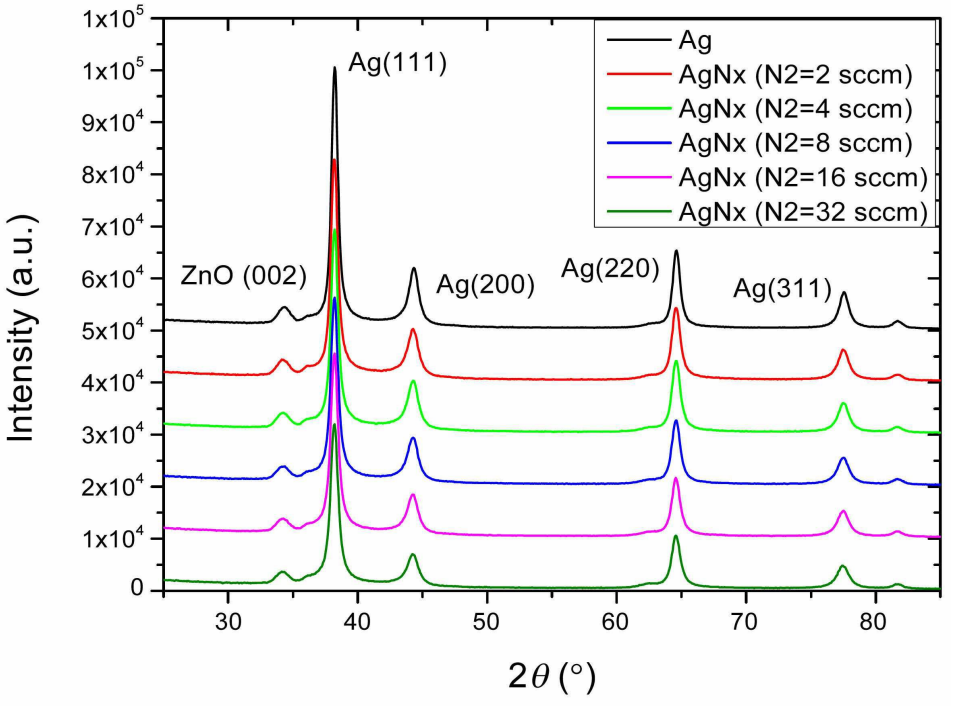
도면11


Ag (Ar:N2=45:4 sccm)
Rq (nm)
Thickness (nm)
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
2
4
6
8
10
12
14
16
18

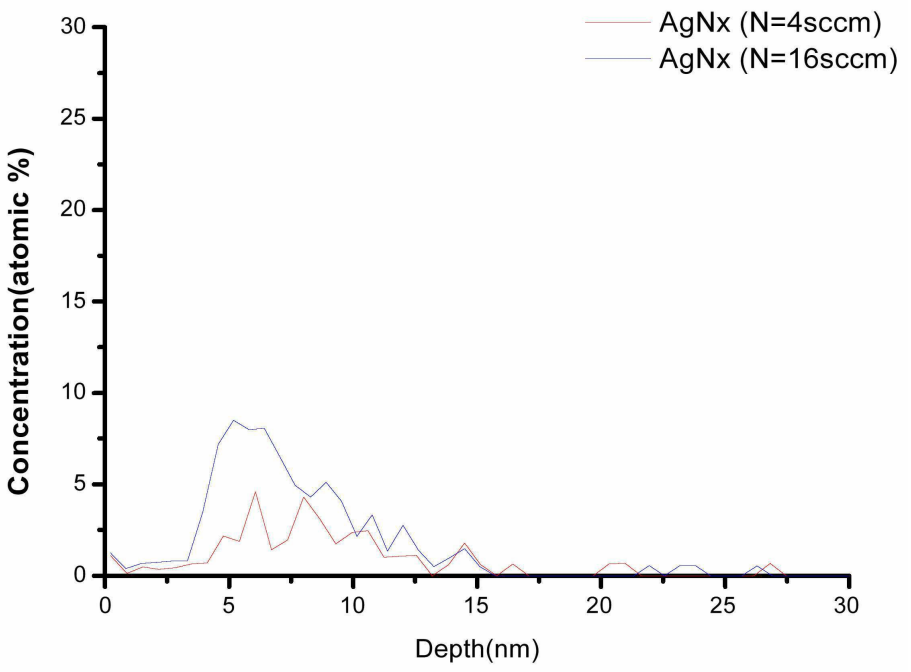
도면12


Ag
AgN$_x$ (N$_2$ = 4 sccm)
AgN$_x$ (N$_2$ = 8 sccm)
AgN$_x$ (N$_2$ = 16 sccm)
AgN$_x$ (N$_2$ = 32 sccm)
Resistivity (Ω cm)
10^{-4}
10^{-5}
Ag Thickness (nm)
2
4
6
8
10
12
14
16
18

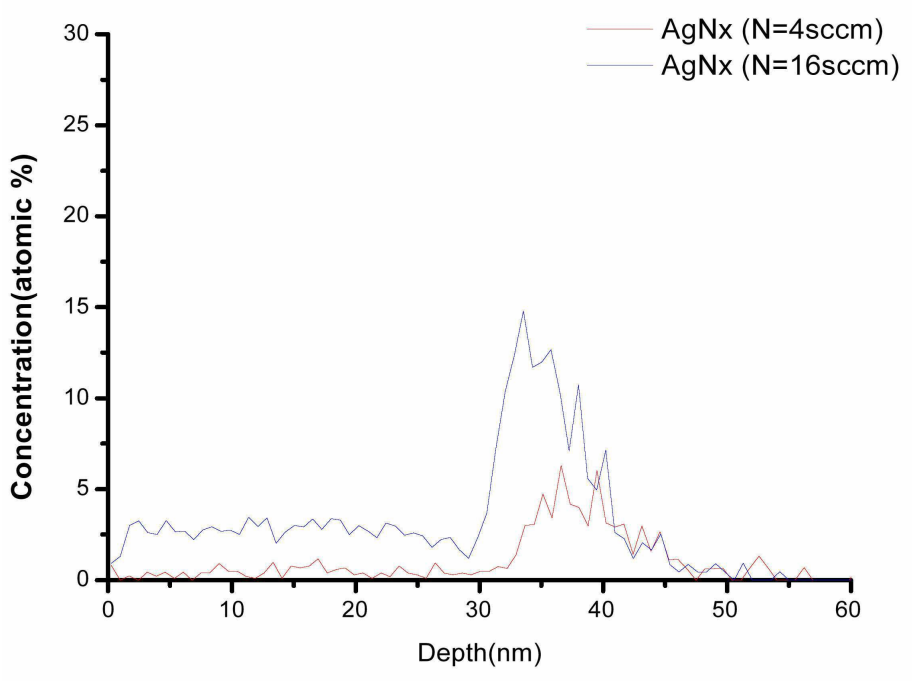
도면13


Ag
AgNx (N2=2 sccm)
AgNx (N2=4 sccm)
AgNx (N2=8 sccm)
AgNx (N2=16 sccm)
AgNx (N2=32 sccm)
Ag(111)
ZnO (002)
Ag(200)
Ag(220)
Ag(311)
Intensity (a.u.)
2θ (°)

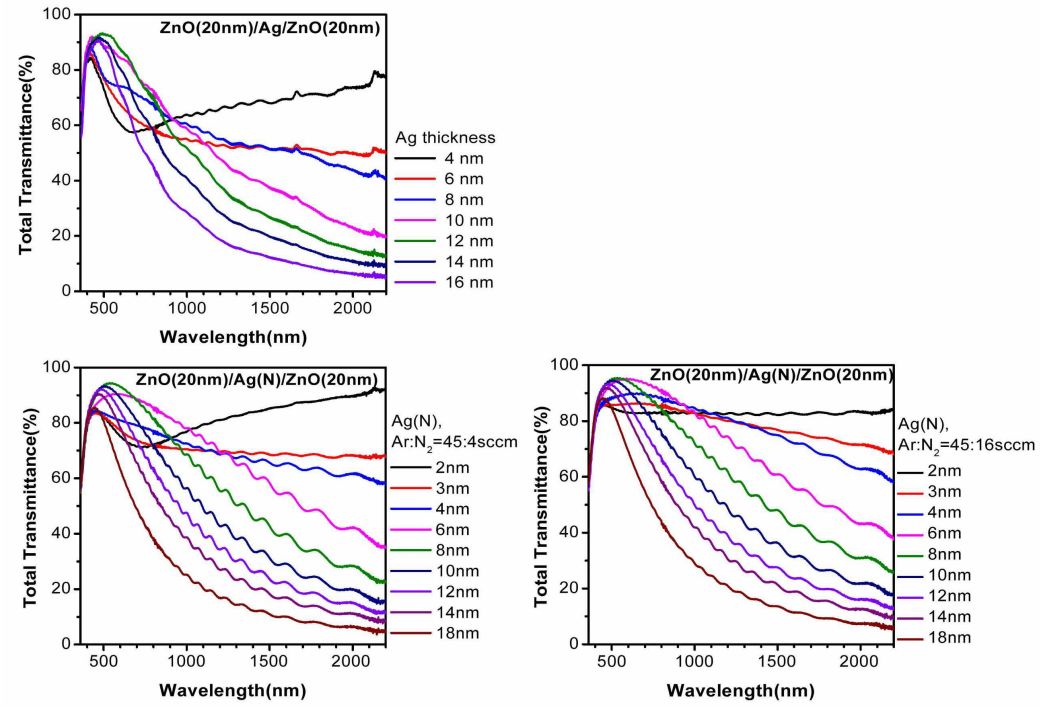
도면14a


AgNx (N=4sccm)
AgNx (N=16sccm)
Concentration(atomic %)
Depth(nm)

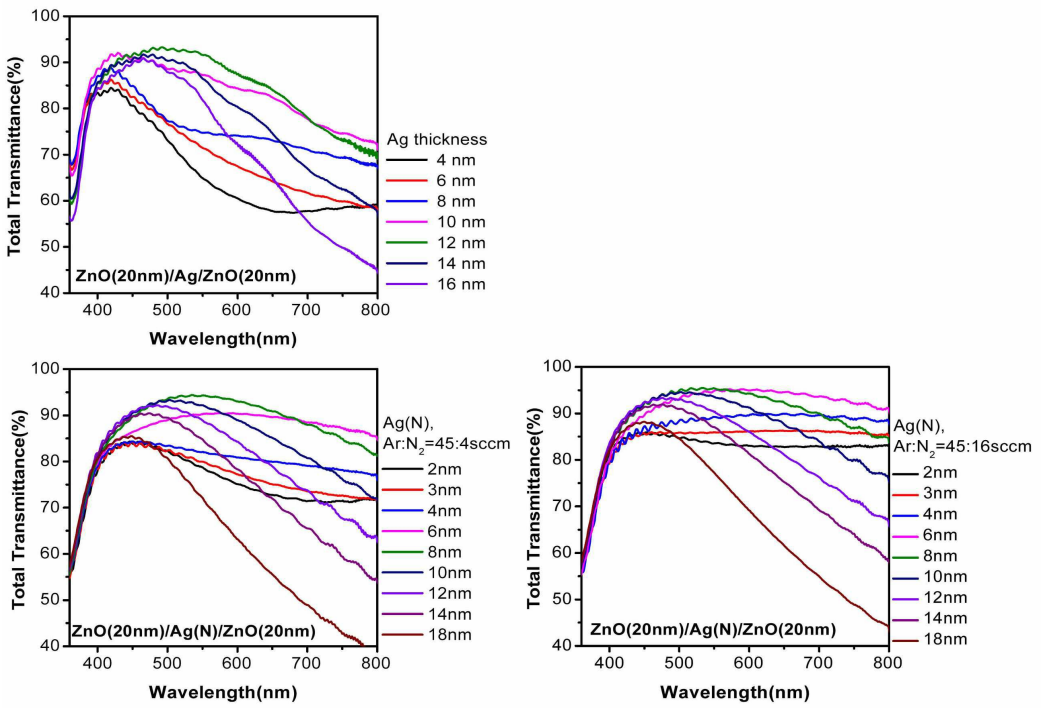
도면14b


AgNx (N=4sccm)
AgNx (N=16sccm)
Concentration(atomic %)
Depth(nm)

도면15a


ZnO(20nm)/Ag/ZnO(20nm)
Total Transmittance(%)
Wavelength(nm)
Ag thickness
4 nm
6 nm
8 nm
10 nm
12 nm
14 nm
16 nm
ZnO(20nm)/Ag(N)/ZnO(20nm)
Ag(N), Ar:N2=45:4sccm
2nm
3nm
4nm
6nm
8nm
10nm
12nm
14nm
18nm
ZnO(20nm)/Ag(N)/ZnO(20nm)
Ag(N), Ar:N2=45:16sccm
2nm
3nm
4nm
6nm
8nm
10nm
12nm
14nm
18nm

도면15b


Total Transmittance(%)
Wavelength(nm)
ZnO(20nm)/Ag/ZnO(20nm)
Ag thickness
4 nm
6 nm
8 nm
10 nm
12 nm
14 nm
16 nm
ZnO(20nm)/Ag(N)/ZnO(20nm)
Ag(N), Ar:N2=45:4sccm
2nm
3nm
4nm
6nm
8nm
10nm
12nm
14nm
18nm
ZnO(20nm)/Ag(N)/ZnO(20nm)
Ag(N), Ar:N2=45:16sccm
2nm
3nm
4nm
6nm
8nm
10nm
12nm
14nm
18nm