



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월15일
(11) 등록번호 10-1318241
(24) 등록일자 2013년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 31/04 (2006.01) H01L 31/0216 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0044457

(22) 출원일자 2013년04월22일

심사청구일자 2013년04월22일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120022654 A

KR1020080079048 A

KR1020120140049 A

KR100370518 B1

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

정광석

대전광역시 서구 도마2동 106-13 배재연립 102호

이희덕

대전광역시 서구 둔산1동 크로바아파트 103동 1405호

이가원

대전광역시 유성구 관평동 신동아파밀리에 503동1603호

(74) 대리인

맹성재, 이시근

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 천대식

(54) 발명의 명칭 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 단결정 실리콘 태양전지의 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법에 있어서, 실리콘 기판에 패시베이션 공정으로 산화알루미늄 박막을 형성하는 단계 및 상기 산화알루미늄 박막 사이의 중간층으로서 산화아연 박막을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 산화아연 박막의 두께를 조절함으로써 상기 산화알루미늄 박막안의 음의 고정전하 밀도를 제어하는 것을 특징으로 하는 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법에 관한 발명으로서, 산화알루미늄 박막에 음의 고정전하를 제어함으로써 태양전지의 변환 효율을 향상시킨 발명이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2012-0994
부처명	한국연구재단
연구사업명	지역혁신인력양성사업
연구과제명	비메모리 융합 반도체 소자(스마트소자)기술 인력 양성
주관기관	충남대학교 산학협력단
연구기간	2012.05.01 ~ 2013.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2013-0069
부처명	한국에너지기술평가원
연구사업명	신재생에너지기술개발사업
연구과제명	60MV급 고효율(21%) 실리콘 태양전기 양산장비 개발
주관기관	주식회사 디엠에스
연구기간	2012.12.01 ~ 2013.11.30

특허청구의 범위

청구항 1

패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법에 있어서,

실리콘 기판에 패시베이션 공정으로 산화알루미늄(Al_2O_3) 박막을 형성하는 단계 및

상기 산화알루미늄 박막 사이의 중간층으로서 산화아연(ZnO) 박막을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 산화아연 박막의 두께를 조절함으로써 상기 산화알루미늄 박막안의 음의 고정전하 밀도를 제어하는 것을 특징으로 하는 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 산화알루미늄 박막 사이의 중간층으로서 산화아연 박막을 형성하는 단계는,

상기 산화알루미늄 박막의 상부에 원자층 증착법에 의해 산화아연 박막을 형성하는 단계 및

상기 산화아연 박막의 상부에 산화알루미늄 박막을 형성하는 단계를 포함하여 산화알루미늄과 산화아연의 화학적 결합에 의해 산화알루미늄 박막안의 음의 고정전하 밀도가 증가되는 것을 특징으로 하는 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 산화아연 박막의 상부에 산화알루미늄 박막을 형성하는 단계 이후에,

FGA(forming gas annealing) 처리 단계를 더 포함하고,

FGA 처리 공정 조건을 조절하여 상기 산화알루미늄 박막 내 음의 고정전하 밀도를 제어하는 것을 특징으로 하는 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법.

청구항 4

표면 패시베이션층으로서 산화알루미늄 박막이 형성된 태양전지에 있어서,

실리콘 기판의 상부에 형성된 하부 산화알루미늄 박막(BL);

상기 하부 산화알루미늄 박막의 상부에 형성된 산화아연 박막(ML) 및

상기 산화아연 박막의 상부에 형성된 상부 산화알루미늄 박막(HL)을 포함하는 것을 특징으로 하는 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 산화알루미늄 박막 패시베이션층이 형성된 태양전지.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 산화아연 박막의 두께는, 0.17 나노미터 이상이고 1.7 나노미터 이하인 것을 특징으로 하는 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 산화알루미늄 박막 패시베이션층이 형성된 태양전지.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 하부 산화알루미늄 박막의 두께는 2.6 나노미터 이상이고 3.9 나노미터 이하인 것을 특징으로 하는 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 산화알루미늄 박막 패시베이션층이 형성된 태양전지.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 박막 제조 방법에 의해 제조된 산화알루미늄 박막으로 형성된 표면 패시베이션층을 포함하는 것을 특징으로 하는 전계 효과 트랜지스터.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 태양전지의 패시베이션층으로 사용되는 산화알루미늄 박막 제조 방법에 관한 것으로서, 상세하게는 산화아연 박막을 산화알루미늄 박막 사이에 중간층으로 증착하여 산화알루미늄과 산화아연간의 화학적 결합 변화에 의해 음의 고정 전하를 증가시킨 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 산화알루미늄 박막 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 현재까지 제작된 스크린 프린팅 방식의 태양전지의 85%는 단결정 실리콘 웨이퍼 기반으로 제작되어 오고 있다. 실험실 및 연구소 기준 최대 에너지 변환 효율은 이론적인 최대 효율인 29%에 근접한 25%가 보고되었다. 태양전지의 효율은 웨이퍼 표면에서 재결합 손실에 의해 주로 영향을 받기 때문에 태양전지의 표면 패시베이션(passivation)은 매우 중요하다. 이러한 측면에서 표면 패시베이션 박막으로 사용되고 있는 산화알루미늄(Al_2O_3) 박막은 표면에서의 낮은 계면 트랩 밀도를 갖고 높은 음의 고정전하 밀도 특성을 보유하고 있으므로 패시베이션 특성이 매우 우수하다. 그러나 산화알루미늄 박막은 표면에서의 계면 트랩 밀도를 개선하기 위해서는 열처리 공정이 요구되는데 열처리 공정은 음의 전하 밀도를 감소시킬 수 있는 문제점이 있다.
- [0003] 특허문헌 1은 P형 실리콘 기판에 질화-산화알루미늄($AlON$) 절연 박막을 증착 형성함으로써, P형 실리콘 기판의 두께를 200 μm 이하의 박형으로 제조하면서 휨 발생 및 파손을 억제할 수 있을 뿐만 아니라 효율을 극대화할 수 있는 질화-산화알루미늄 박막 내의 음의 고정전하를 이용한 박판 실리콘 태양전지의 제조방법에 관한 기술이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 1. 한국등록특허 제0844505호 (2008년 07월 01일 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위하여 산화알루미늄 박막 사이에 산화아연박막을 중간층으로 증착하여 산화알루미늄과 산화아연간의 화학적 결합 변화에 의해 산화알루미늄 박막안의 음의 고정전하 밀도를 증가시켜 태양전지의 변환 효율을 향상시킨 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 산화알루미늄 박막의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상기의 과제를 해결하기 위한 본 발명에 의한 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법은 실리콘 기판에 패시베이션 공정으로 산화알루미늄(Al_2O_3) 박막을 형성하는 단계 및 상기 산화알루미늄 박막 사이의 중간층으로서 산화아연(ZnO) 박막을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 산화아연 박막의 두께를 조절함으로써 상기 산화알루미늄 박막안의 음의 고정전하 밀도를 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0007] 본 발명의 바람직한 일실시예로서, 상기 산화알루미늄 박막 사이의 중간층으로서 산화아연 박막을 형성하는 단계는, 상기 산화알루미늄 박막의 상부에 산화아연 박막을 형성하는 단계 및 상기 산화아연 박막의 상부에 산화알루미늄 박막을 형성하는 단계를 포함하여 산화알루미늄과 산화아연의 화학적 결합에 의해 산화알루미늄 박막안의 음의 고정전하 밀도가 증가되는 것을 특징으로 한다.
- [0008] 본 발명의 바람직한 일실시예로서, 상기 산화아연 박막의 상부에 산화알루미늄 박막을 형성하는 단계 이후에, FGA(forming gas annealing) 처리 단계를 더 포함하고, FGA 처리 공정 조건을 조절하여 상기 산화알루미늄 박막

내 음의 고정전하 밀도를 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 또 다른 실시예로서 본 발명에 의한 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 산화알루미늄 박막 패시베이션층이 형성된 태양전지는 P형 실리콘 기판의 상부에 형성된 하부 산화알루미늄 박막(BL), 상기 하부 산화알루미늄 박막의 상부에 형성된 산화아연 박막(ML) 및 상기 산화아연 박막의 상부에 형성된 상부 산화알루미늄 박막(HL)을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 바람직한 일실시예로서, 상기 산화아연 박막의 두께는, 0.17 나노미터 이상이고 1.7 나노미터 이하인 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 바람직한 일실시예로서, 상기 하부 산화알루미늄 박막의 두께는 2.6 나노미터 이상이고 5.2 나노미터 이하인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명은 태양전지의 패시베이션용 산화알루미늄 박막 내 음의 고정전하 밀도를 제어할 수 있다.

[0013] 본 발명은 음의 고정전하 밀도가 높은 산화알루미늄 박막을 제조할 수 있다.

[0014] 본 발명은 음의 고정전하 밀도를 증가시켜 우수한 특성의 산화알루미늄 박막을 제공함으로써 태양전지의 변환 효율을 증가시킨다.

[0015] 본 발명은 음의 고정전하 밀도의 변화에 전기적인 특성이 영향을 받는 모든 소자들(예를 들면, 태양전지, 발광 다이오드, 레이저 다이오드, 전계 효과 트랜지스터 등)에 활용하면, 음의 고정전하 밀도를 향상시킴으로써 각 소자들의 특성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명에 의한 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 산화알루미늄 박막의 일 실시예의 단면도,

도 2는 본 발명에 의한 패시베이션용 산화알루미늄 박막이 형성된 태양전지의 단면도,

도 3은 본 발명에 의한 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 산화알루미늄 박막의 제조 방법의 순서도,

도 4는 산화아연 박막 두께의 변화에 따른 음의 고정 전하 밀도 특성 그래프,

도 5는 산화아연 박막 두께의 변화에 따른 전압-커패시턴스 특성 그래프,

도 6은 산화아연 박막 두께의 변화에 따른 광특성 그래프,

도 7은 산화알루미늄 박막 두께의 변화에 따른 전압-커패시턴스 특성 그래프,

도 8은 산화알루미늄 박막 두께의 변화에 따른 음의 고정 전하 밀도 특성 그래프,

도 9는 산화알루미늄 박막 두께의 변화에 따른 SIMS 결과,

도 10은 하부 산화알루미늄 박막의 XPS 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하 본 발명의 실시를 위한 구체적인 실시예를 도면을 참고하여 설명한다. 예시된 도면은 발명의 명확성을 위하여 핵심적인 내용만 확대 도시하고 부수적인 것은 생략하였으므로 도면에 한정하여 해석하여서는 아니 된다.

[0018] 본 발명은 단결정 실리콘 태양전지의 표면 패시베이션용 산화알루미늄 박막 내 음의 고정전하 밀도를 증가시키기 위해 산화아연(ZnO) 박막을 산화알루미늄(Al_2O_3) 박막 사이에 중간층(interlayer)으로 원자층 증착법(atomic layer deposition, 이하 "ALD"라 칭함)에 의해 증착시킴으로써 산화알루미늄과 산화아연간의 화학적 결합 상태 변화를 통해 음의 고정전하 밀도를 증가시킬 뿐 만 아니라 산화아연 박막과 산화알루미늄 박막의 두께를 조절함으로써 음의 고정전하 밀도를 제어할 수 있는 산화알루미늄 박막의 제조 방법에 관한 발명이다.

[0019] 도 1 내지 도 10을 참조하여 본 발명에 의한 음의 고정전하 밀도 제어가 가능한 단결정 실리콘 태양전지 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법을 설명하면 다음과 같다.

[0020] 도 1은 본 발명에 의한 태양전지 패시베이션용 산화알루미늄 박막을 도시한 단면도로서, 실리콘 기판(1), 하부

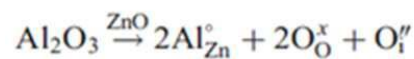
산화알루미늄 박막(2), 산화아연 박막(3) 및 상부 산화알루미늄 박막(4)을 포함한다.

[0021] 도 3을 참조하면, 실리콘 기판(1)에 하부 산화알루미늄 박막(2)을 증착하고, ALD 방식에 의해 산화아연 박막(3)을 산화알루미늄 박막(2,4)의 사이에 중간층으로서 증착한다. ALD에 의해 산화아연 박막의 두께를 나노미터 단위로 제어할 수 있다. 도 4를 참조하면, 중간층인 산화아연 박막의 두께에 따라 음의 고정전하 밀도를 제어할 수 있음을 알 수 있다.

[0022] 본 발명은 원자층 증착이 가능한 ALD 공정을 이용해 산화아연 박막 증착 두께 및 산화알루미늄 박막의 두께를 원자층 단위로 제어할 수 있다. ALD 증착 조건으로서, 200℃에서 산화알루미늄 박막은 1 사이클 당 1.3Å이 증착되며, 산화아연 박막은 1 사이클 당 1.7Å이 증착된다.

[0023] 산화알루미늄은 알루미늄 공공(aluminum vacancy)(V_{Al})과 침입형 산소(oxygen interstitial)(O_i)에 의해 산화알루미늄 박막 내 음의 고정전하를 갖는 것으로 알려져 있다. 그러나 후속 열처리 공정에 의해 수소 결함(hydrogen defect)에 의해 고정전하 밀도가 감소된다고 알려져 있다. 한편, 산화아연의 음의 고정전하는 받개형(acceptor-like) 결함인 아연 공공(zinc vacancy)(V_{Zn}), 침입형 산소(oxygen interstitial)(O_i), 치환형 산소(oxygen antisite)(O_{Zn})에 의해 형성될 수 있다.

화학적식 1



[0024] 따라서 화학식 1을 참조하면, 산화알루미늄과 산화아연의 화학적 결합에 의해 침입형 산소(O_i)가 증가하므로 음의 고정전하 밀도가 증가할 수 있다. 산소 원자 반경이 크므로 확률적으로 침입형 산소(O_i)가 형성되기 어렵지만 잉여 산소가 아연 공공(V_{Zn})에 들어가 치환형 산소(O_{Zn})를 형성하여 산화알루미늄 박막 내 음의 고정 전하 밀도가 증가할 수 있다.

[0025] 도 5와 도 6을 참조하면, 음의 고정전하 밀도는 O_{Zn} 과 매우 큰 관련이 있는 것으로 분석된다. 도 6에 도시된 바와 같이, 산화아연(ZnO) 박막의 두께가 증가함에 따라 O_{Zn} 의 양이 증가하며 이에 따라 산화알루미늄 박막 내 음의 고정전하 밀도가 증가함을 알 수 있다.

[0026] 도 8을 참조하면, 하부 산화알루미늄 박막(2)의 두께를 3.9 nm(30 사이클)까지 증가시키면 산화알루미늄 박막 내 음의 고정전하 밀도가 증가한다. 그러나 하부 산화알루미늄 박막(2)의 두께를 5.2 nm(40 사이클)까지 증가시키면 오히려 음의 고정전하 밀도가 감소하며 산화알루미늄 박막만 증착한 소자와 거의 같은 음의 고정전하 밀도를 갖는다. 즉, 음의 고정전하 밀도는 하부 산화알루미늄 박막(2)의 두께에 의해 변동됨을 알 수 있으며, 하부 산화알루미늄 박막(2)의 두께를 조절함으로써 음의 고정전하 밀도를 제어할 수 있음을 알 수 있다.

[0027] 도 9의 SIMS 결과를 참조하면, 실리콘 기판과 산화알루미늄 계면에서 아연이 높게 쌓이며(pile-up) 아연의 확산(diffusion)이 있음을 알 수 있다. 하부 산화알루미늄 박막(2)의 두께가 2.6 nm(20 사이클)일 때, 음의 고정전하 밀도가 감소한 것은 실리콘 기판 내 정공(hole)이 실리콘/산화알루미늄 계면 근처에 있는 아연에 의해 유도된 결함들에 의해 발생하고 있는 것으로 분석할 수 있다. 따라서 하부 산화알루미늄 박막의 두께는 2.6 nm(20 사이클) 이상이고 3.9 nm(30 사이클) 이하가 바람직하다. 이 결과는 도 10에 도시된 광전자분광법(XPS) 결과와 일치함을 확인 할 수 있다.

[0028] 또한, 열처리 조건에 따라 음의 고정전하 밀도가 변동된다. 예를 들면, 400℃에서 30분 동안 H₂ 4%, N₂ 96% 분위기에서 FGA(forming gas annealing) 처리를 수행하면, 음의 고정전하 밀도가 감소한다. FGA 조건을 감안하여 산화아연 박막의 두께를 증가시키거나 하부 산화알루미늄 박막의 두께를 조절하면 FGA 처리에 의해 감소된 음의 고정전하를 증가시킬 수 있다. 본 발명은 ALD 방법을 이용해 산화알루미늄 박막 사이의 중간층으로 형성되는 산화아연의 박막의 두께를 수 나노 단위로 제어할 수 있으므로 산화알루미늄과 산화아연의 화학적인 결합 상태 및 결합 생성 변화에 따라 얇은 두께에서 음의 고정전하 밀도가 제어가 가능하다.

[0029] 도 2는 본 발명에 의한 패시베이션용 산화알루미늄 박막이 형성된 태양전지의 단면도이다. 실리콘 기판(6)의 후

면에는 산화알루미늄 박막(9,7) 사이에 산화아연 박막(8)이 형성된다.

[0031] 도 2에 도시된 바와 같이, 실리콘 기판의 양면에 요철을 형성하거나 인위적으로 줄무늬 형식의 스크래칭에 의해 표면을 텍스처링(texturing)하여 태양광의 흡수 면적을 최대화시킬 수 있다.

[0032] 산화알루미늄 박막(9)의 하부는 플라즈마 화학적 기상 증착법(plasma enhanced chemical vapor deposition) 등에 의해 실리콘 질화막(10)이 형성되고 실리콘 질화막(10)의 하부는 전극으로서 제1 금속층(11)이 형성된다. 금속층 형성 공정을 통해 전하의 손실을 최소화 할 수 있다.

[0033] 상기 실리콘 기판(6)의 전면에는 붕소(B), 갈륨(Ga), 인듐(In)과 같은 3족 원소의 불순물이 도핑된 P형 도핑층(5)이 형성되고, P형 도핑층(5)의 전면에는 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb)과 같은 5족 원소의 불순물이 도핑된 N형 도핑층(12)이 형성되어, P형 도핑층(5)과 N형 도핑층(12)사이 PN 접합이 형성된다. 태양광이 입사되면 전자-정공 쌍이 형성되는데, PN 접합에 의해 형성된 전기장에 의해 전자는 N형 도핑층(12)으로 정공은 P형 도핑층(5)으로 모이게 됨에 따라 기전력이 발생한다.

[0034] N형 도핑층(12)의 상부에 태양전지의 반사율을 최소화시키기 위한 AR(antireflection) 코팅층(13)을 형성하여 태양전지의 효율을 향상시킨다. AR 코팅층의 두께를 조절함으로써 패시베이션 표면의 강도를 증가시킬 수 있고, 반사율을 조절할 수 있다. 필요에 따라 더 낮은 반사율을 획득하기 위해 다층 코팅(multi layer coating) 공정에 의해 표면 평균 반사율을 0.5% 미만으로 낮출 수 있다. 상기 AR 코팅층(13)의 상부에 전극으로서 제2 금속층(14)을 형성한다.

[0035] 본 발명에 의한 패시베이션용 산화알루미늄 박막 제조 방법은 음의 고정전하 밀도의 변화에 전기적인 특성이 영향을 받는 모든 소자들(예를 들면, 태양전지, 발광 다이오드, 레이저 다이오드, 전계 효과 트랜지스터 등)에 활용하면, 음의 고정전하 밀도를 향상시킴으로써 각 소자들의 특성을 향상시킬 수 있다.

[0036] 이상에서는 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

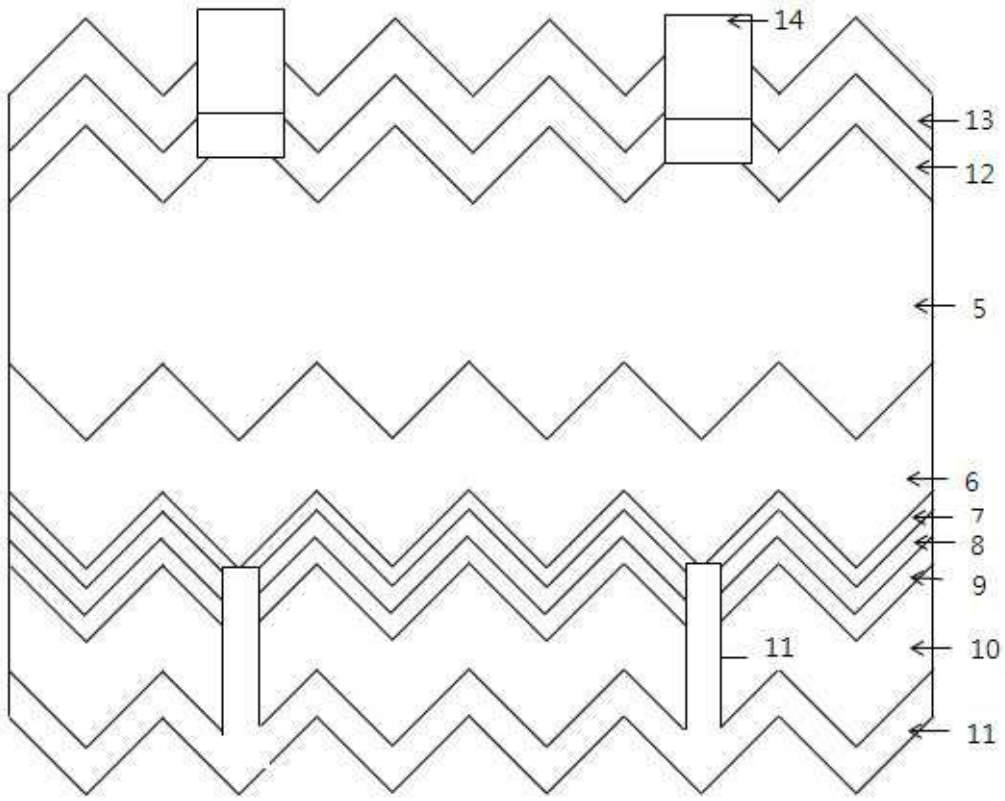
- | | |
|------------------|------------------|
| 1 : 실리콘 기판 | 2 : 하부 산화알루미늄 박막 |
| 3 : 산화아연 박막 | 4 : 상부 산화알루미늄 박막 |
| 5 : P형 도핑층 | 6 : 실리콘 기판 |
| 7 : 하부 산화알루미늄 박막 | 8 : 산화아연 박막 |
| 9 : 상부 산화알루미늄 박막 | 10 : 실리콘 질화막 |
| 11 : 제2 금속층 | 12 : N형 도핑층 |
| 13 : AR 코팅층 | 14 : 제1 금속층 |

도면

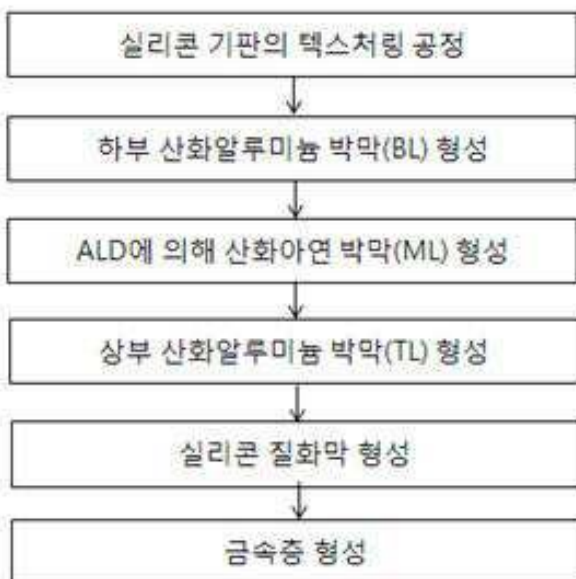
도면1



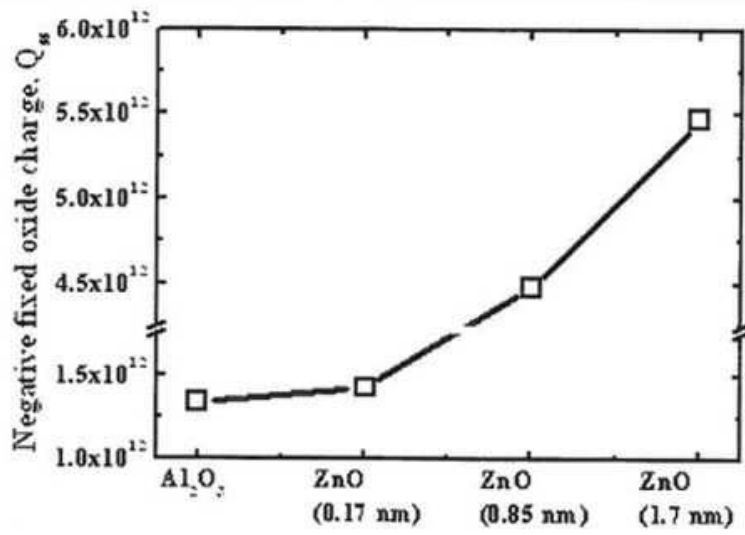
도면2



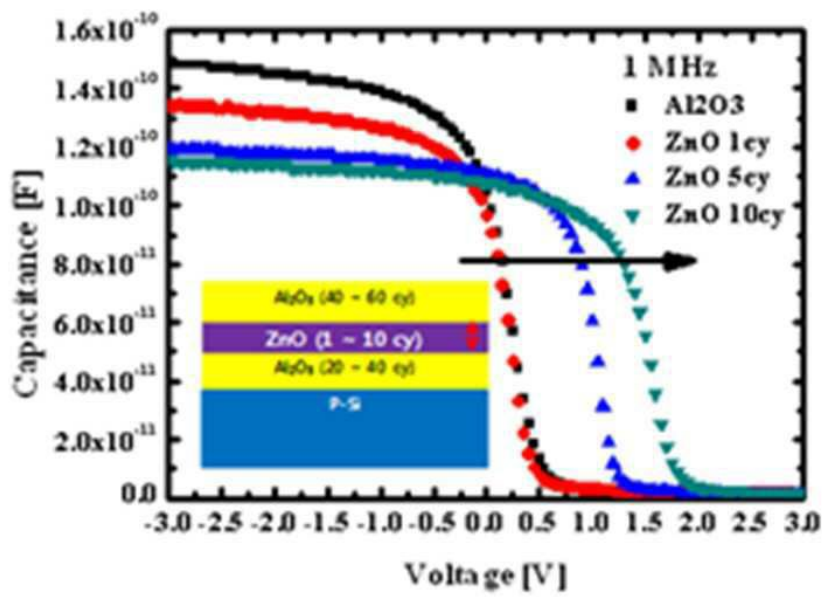
도면3



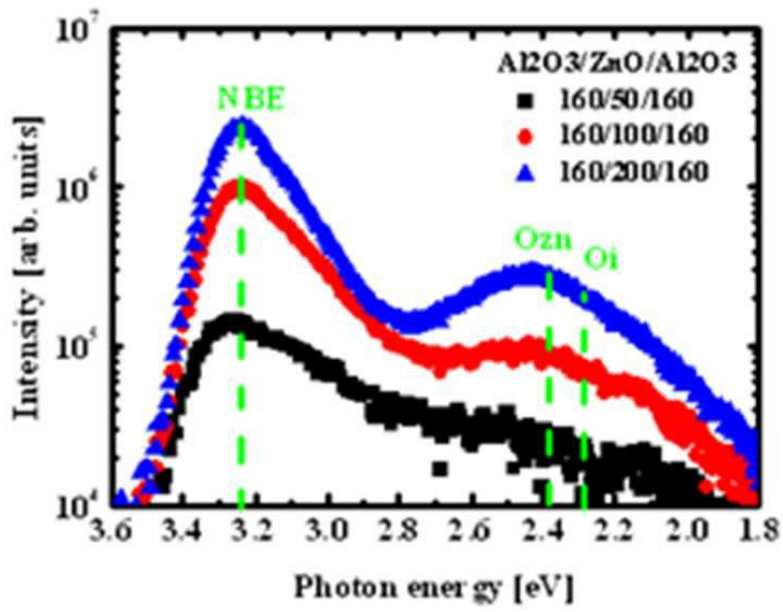
도면4



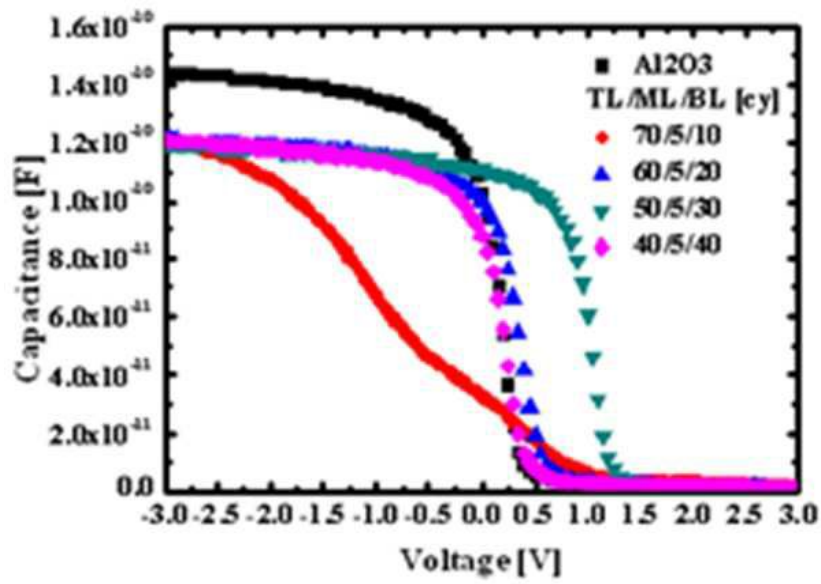
도면5



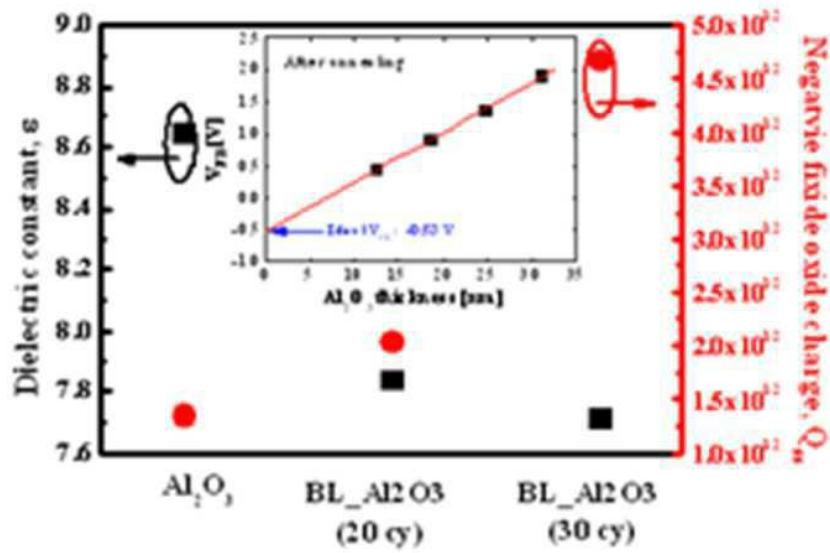
도면6



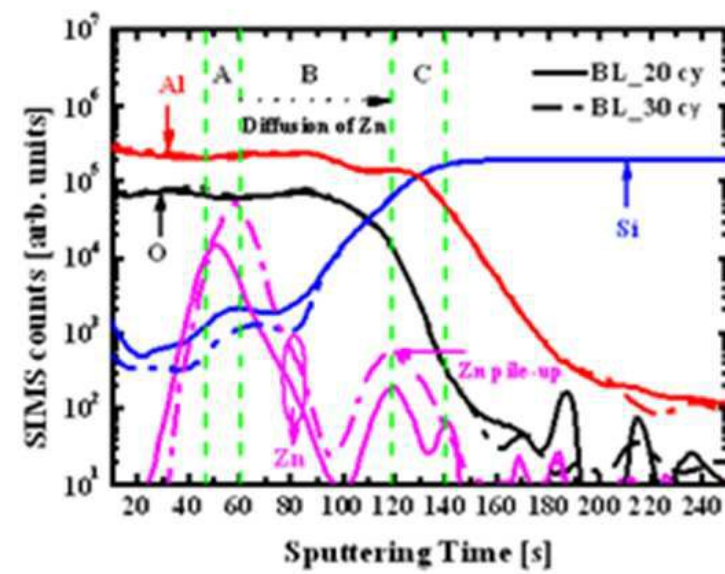
도면7



도면8



도면9



도면10

