



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0119120
(43) 공개일자 2017년10월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/068 (2006.01) H01L 31/0216 (2014.01)
H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/0236 (2006.01)
H01L 31/0392 (2006.01) H01L 31/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/068 (2013.01)
C01G 53/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0046869
(22) 출원일자 2016년04월18일
심사청구일자 2016년04월18일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김준동
인천광역시 연수구 컨벤시아대로274번길 15, 230 4동 1001호(송도동, 송도더샵마스터뷰)
김홍식
충청남도 천안시 동남구 터미널9길 59, 201동 401호(신부동, 대림한들아파트)
임동건
충청북도 충주시 연수동산로 37, 101동 404호(연수동, 연수세영리첼1단지아파트)
(74) 대리인
특허법인충정

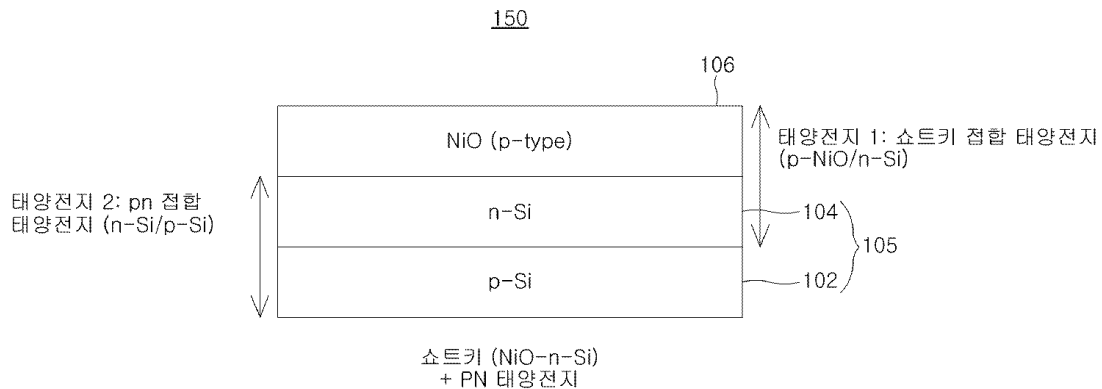
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지는, P형 실리콘층과 N형 실리콘층을 포함하는 PN 접합 반도체층; 및 상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층 상에 직접 형성되는 니켈 옥사이드(NiO)층을 포함하여, 가시광에 대한 투과율이 높고 자외선을 차단할 수 있으며 고온에서도 안정된 상태를 유지할 수 있고 광전 변환 효율이 높다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01L 31/02168 (2013.01)
H01L 31/022425 (2013.01)
H01L 31/02366 (2013.01)
H01L 31/0392 (2013.01)
H01L 31/18 (2013.01)
Y02E 10/50 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	KETEP- 20133030011000
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	투명 전도체 나노 렌즈를 이용한 태양전지 성능 향상 기술개발
기 여 율	50/100
주관기관	인천대학교
연구기간	2013.12.01 ~ 2016.10.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	NRF-2015R1D1A1A01059165
부처명	교육부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	기본연구지원사업
연구과제명	산화물 반도체 기반의 투명 태양전지를 이용한 창조적 생태에너지 순환시스템
기 여 율	30/100
주관기관	인천대학교
연구기간	2015.11.01 ~ 2018.10.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	NRF- 2015H1D3A1066311
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	해외우수신진연구자유치(KRF)사업
연구과제명	다기능성의 투명 태양전지 및 광전화셀 기술 기반의 생태에너지 기반 구축
기 여 율	20/100
주관기관	인천대학교
연구기간	2015.12.15 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

P형 실리콘층과 N형 실리콘층을 포함하는 PN 접합 반도체층; 및

상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층 상에 직접 형성되는 니켈 옥사이드(NiO)층을 포함하는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 PN 접합 반도체층은 PN 접합 태양전지로서 동작하고,

상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층과 상기 니켈 옥사이드층은 쇼트키 접합 태양전지로서 동작하는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 니켈 옥사이드층은 상기 태양전지로 입사되는 가시광에 대한 반사 방지막으로서 더 동작하고, 자외선을 흡수하도록 더 동작하는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 니켈 옥사이드층의 두께는 1nm 내지 200nm인, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 PN 접합 반도체층의 P형 실리콘층의 하면에 형성된 제1 전극; 및

상기 니켈 옥사이드층의 상면에 형성된 제2 전극을 더 포함하는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 PN 접합 반도체층과 상기 니켈 옥사이드층의 표면은 피라미드 구조의 요철면을 갖는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지.

청구항 7

(a) P형 실리콘층과 N형 실리콘층을 포함하는 PN 접합 반도체층을 형성하는 단계; 및

(b) 상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층 상에 니켈 옥사이드(NiO)층을 직접 형성하는 단계를 포함하는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 PN 접합 반도체층은 PN 접합 태양전지로서 동작하고,

상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층과 상기 니켈 옥사이드층은 쇼트키 접합 태양전지로서 동작하는, 니켈 옥

사이드를 이용한 태양전지 제조 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 니켈 옥사이드층은 상기 태양전지로 입사되는 가시광에 대한 반사 방지막으로서 더 동작하고, 자외선을 흡수하도록 더 동작하는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 니켈 옥사이드층의 두께는 1nm 내지 200nm인, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

(c) 상기 PN 접합 반도체층의 P형 실리콘층의 하면에 제1 전극을 형성하는 단계; 및

(d) 상기 니켈 옥사이드층의 상면에 제2 전극을 형성하는 단계를 더 포함하는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법.

청구항 12

청구항 7에 있어서,

상기 PN 접합 반도체층과 상기 니켈 옥사이드층의 표면은 피라미드 구조의 요철면을 갖는, 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양전지에 관한 것으로 특히 니켈 옥사이드(NiO)를 이용한 태양전지 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양전지는 무한한 태양에너지를 이용하여 전기를 생산하는 전력원으로서, 다른 발전 시스템과 달리 가동 부분이 없어 조용하고 안전하며 환경친화적인 발전 시스템이다.

[0003] 여러 유형의 태양전지 중 반도체 물질을 기반으로 하는 태양전지는 태양 스펙트럼의 입사 광선을 전류로 변환할 수 있는 반도체 물질로 이루어져 있으며, 주로 실리콘(Si)과 같은 반도체 물질로 만들어진다.

[0004] 일반적으로 실리콘을 기반으로 하는 태양전지는 P형 실리콘(p-Si)과 N형 실리콘(n-Si)이 PN 접합되어 형성된 PN 접합 반도체로 이루어져 있으며 입사광이 태양전지 내부로 효과적으로 흡수되도록 하기 위하여 PN 접합 반도체의 일면에 반사 방지막을 형성하고, 흡수되는 광의 양을 증가시키기 위하여 입사면을 거칠게 형성한다. 태양전지는 PN 접합 반도체 내부에서 만들어진 전기를 외부로 끌어내기 위한 제1 전극 및 제2 전극을 추가로 포함한다.

[0005] 한편 태양전지는 높은 광전 변환 효율을 위해 가시광에 대한 높은 투과율을 필요로 하고 자외선에 대한 선택적인 셰이딩(shading)을 필요로 하는데, 자외선은 실리콘 또는 폴리머로 구성되어 있는 태양전지 셀의 성능을 쉽게 저하시킨다. 자외선은 높은 광자 에너지를 갖지만, 자외선의 양자 에너지로 인한 캐리어 발생은 자유 캐리어 손실에 의해 상당히 제한된다. 따라서, 선택적인 광 투과 및 광 흡수 반도체가 태양전지의 안정적인 성능을 위해 바람직하다.

[0006] 실리콘 태양전지의 효율을 증대시키기 위하여, 광반응 실리콘의 효과적인 광 흡수가 상당히 중요하다. 통상적으로, 실리콘질화막(SiNx)이 실리콘 태양전지에 대한 반사 방지 코팅층으로서 사용되지만, 이것은 매우 고가의 장비 및 프로세스를 필요로 하고, 게다가 금속화 프로세스를 위한 고온에서 불안정성으로 인하여 빈번하게 섀트

문제(shunt problem)가 발생할 수 있다.

[0007] 따라서 가시광에 대한 투과율이 높고 자외선을 차단할 수 있으며 고온에서도 안정된 상태를 유지할 수 있고 효율이 높은 태양전지에 대한 요구가 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 10-1003808 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 가시광에 대한 투과율이 높고 자외선을 차단할 수 있으며 고온에서도 안정된 상태를 유지할 수 있고 효율이 높은 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 가시광에 대한 투과율이 높고 자외선을 차단할 수 있으며 고온에서도 안정된 상태를 유지할 수 있고 효율이 높은 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지는,

[0012] P형 실리콘층과 N형 실리콘층을 포함하는 PN 접합 반도체층; 및

[0013] 상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층 상에 직접 형성되는 니켈 옥사이드(NiO)층을 포함한다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지에 있어서, 상기 PN 접합 반도체층은 PN 접합 태양전지로서 동작하고, 상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층과 상기 니켈 옥사이드층은 쇼트키 접합 태양전지로서 동작할 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지에 있어서, 상기 니켈 옥사이드층은 상기 태양전지로 입사되는 가시광에 대한 반사 방지막으로서 더 동작하고, 자외선을 흡수하도록 더 동작할 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지에 있어서, 상기 니켈 옥사이드층의 두께는 1nm 내지 200nm일 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지는,

[0018] 상기 PN 접합 반도체층의 P형 실리콘층의 하면에 형성된 제1 전극; 및

[0019] 상기 니켈 옥사이드층의 상면에 형성된 제2 전극을 더 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지에 있어서, 상기 PN 접합 반도체층과 상기 니켈 옥사이드층의 표면은 피라미드 구조의 요철면을 가질 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법은,

[0022] (a) P형 실리콘층과 N형 실리콘층을 포함하는 PN 접합 반도체층을 형성하는 단계; 및

[0023] (b) 상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층 상에 니켈 옥사이드(NiO)층을 직접 형성하는 단계를 포함한다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법에 있어서, 상기 PN 접합 반도체층은 PN 접합 태양전지로서 동작하고, 상기 PN 접합 반도체층의 N형 실리콘층과 상기 니켈 옥사이드층은 쇼트키 접합 태양전지로서 동작할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법에 있어서, 상기 니켈 옥사이드층은 상기 태양전지로 입사되는 가시광에 대한 반사 방지막으로서 더 동작하고, 자외선을 흡수하도록 더 동작할 수 있다.

- [0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법에 있어서, 상기 니켈 옥사이드층의 두께는 1nm 내지 200nm일 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법은,
- [0028] (c) 상기 PN 접합 반도체층의 P형 실리콘층의 하면에 제1 전극을 형성하는 단계; 및
- [0029] (d) 상기 니켈 옥사이드층의 상면에 제2 전극을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법에 있어서, 상기 PN 접합 반도체층과 상기 니켈 옥사이드층의 표면은 피라미드 구조의 요철면을 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 및 그 제조 방법에 의하면, 가시광에 대한 투과율이 높고 자외선을 차단할 수 있으며 고온에서도 안정된 상태를 유지할 수 있고 향상된 단락 회로 전류 밀도와 개방 회로 전압을 가지며 효율이 높은 태양전지를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지의 단면도.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지의 단면도.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법의 흐름도.
- 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지의 개략도.
- 도 4b 내지 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지에서 PN 접합 반도체층과 니켈 옥사이드의 파라미드 표면 구조를 설명하기 위한 도면.
- 도 5a는 니켈 옥사이드를 각각 유리 및 실리콘에 코팅한 사진 이미지.
- 도 5b는 니켈 옥사이드가 코팅된 실리콘으로부터의 X선 회절 스펙트럼을 도시한 도면.
- 도 5c는 니켈 옥사이드가 코팅된 유리의 투과율을 도시한 도면.
- 도 5d는 표면 조직화된 실리콘과 니켈 옥사이드 코팅된 실리콘에 대한 반사도 프로파일을 도시한 도면.
- 도 6a는 표면 조직화된 실리콘 태양전지와 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드 코팅된 실리콘 태양전지의 전류밀도-전압(J-V) 특성을 도시한 도면으로서, 어두운 조건 하에서의 J-V 프로파일을 도시한 도면.
- 도 6b는 일-태양 조명 하에서의 J-V 프로파일을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.
- [0034] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [0035] 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다.
- [0036] 또한, "제1", "제2", "일면", "타면" 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0037] 이하, 본 발명을 설명함에 있어, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0038] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0039] 투명한 도전성 옥사이드(TCO: transparent conductive oxide) 물질은 양호한 전기 도전성을 갖고 광학적인 투명

성을 갖는다. 이러한 이점으로 인하여, 메탈 옥사이드 물질은 광검출기, 광전기 화학 전지 및 태양전지와 같은, 광전 디바이스에 적용될 수 있다.

[0040] 인듐-주석-옥사이드(ITO)와 알루미늄-도핑된 ZnO(AZO)와 같은 통상적인 메탈-옥사이드 물질은, N형 반도체 특성을 갖는다. 투명한 전자 디바이스를 구현하기 위하여 또는 다양한 광전 디바이스 애플리케이션에서 기능하도록, P형 메탈-옥사이드 물질을 찾는 데 많은 노력이 필요하다. 니켈 옥사이드(NiO)는 최근에 떠오르는 P형 물질이고 정공(hole) 수송층, 산소 방출 촉매제, 애노드 인터페이스 및 광전음극 애플리케이션으로서 높은 잠재력을 보여 준다.

[0041] 아주 최근에, 니켈 옥사이드(NiO)는 초고속 자외선 광검출을 위한 높은 잠재력을 보여주었고 N형 ZnO와 결합함으로써 기능적인 P형 특성을 나타내었다. 니켈 옥사이드의 큰 에너지 밴드갭(3.8 eV)은 가시광에 대한 높은 투과성을 허용하고 동시에 자외선을 흡수하며, 용액법(solution method), 펄스 레이저, 스퍼터링 및 제한된 활성 영역에 대한 증착(evaporation)에 의해 제조될 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에서, 실리콘 태양전지에 대한 기능적인 윈도우층으로서 니켈 옥사이드(NiO)가 사용된다. 전기적으로 도전성이 있는 니켈 옥사이드는 양호한 시트 저항(52.27 $\Omega/\square$)을 갖고 가시광 영역에 대한 높은 광 투과성을 갖는다. 가시광에 대한 니켈 옥사이드의 반사 방지 효과는 실리콘 태양전지의 성능을 향상시킬 수 있기 때문에 태양전지에 있어 매우 중요한 요소이다.

[0043] 상기와 같이 본 발명의 일 실시예에서 니켈 옥사이드(NiO) 물질이 실리콘 태양 전지에 기능적으로 적용된다. 본 발명의 일 실시예에서 광학적으로 투명하고 전기적으로 도전성이 있는 니켈 옥사이드(NiO)는 표면 조직화된(texturing) 실리콘(Si)에 비해 약 15.37%의 비교적 높은 효율을 제공하도록 실리콘 태양전지에 대한 윈도우층으로서 사용된다.

표 1

요소(Factor)	표면조직화된 n/p Si 디바이스	NiO-코팅된 n/p-Si 디바이스
정류비	46.0	181.2
J_{sc} [mA/cm ²]	33.32	34.81
V_{oc} [mV]	0.5877	0.5965
효율[%]	6.73	15.37
필 팩터(Fill factor)[%]	34.3	74.0

[0045] 광학적으로 투명한 니켈 옥사이드(NiO)층은 양호한 결정질 구조를 제공하기 위하여 대면적 적용가능한 스퍼터링 증착에 의해 실리콘 상에 코팅된다. 실리콘 상에 니켈 옥사이드를 코팅하는 것은 자발적으로 가시광에 대한 광 반사를 감소시켜, 개선된 전류 프로파일을 얻을 수 있으며, 낮은 전기 시트 저항(sheet resistance)으로 인하여, 니켈 옥사이드-코팅 설계는 태양전지의 개방 회로 전압 및 필 팩터(fill factor)를 개선하는데 효과적이다. 니켈 옥사이드의 광학적 그리고 전기적 이득은 실리콘 태양전지를 포함하여, 다양한 광전 디바이스의 윈도우층을 형성하기 위한 설계 방법을 제공한다.

[0046] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지의 단면도이다.

[0047] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150)는, P형 실리콘층(102)과 N형 실리콘층(104)을 포함하는 PN 접합 반도체층(105), 및 상기 PN 접합 반도체층(105)의 N형 실리콘층(104) 상에 직접 형성되는 니켈 옥사이드(NiO)층(106)을 포함한다.

[0048] 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150)에 있어서, 상기 PN 접합 반도체층(105)은 PN 접합 태양전지로서 동작하고, 상기 PN 접합 반도체층(105)의 N형 실리콘층(104)과 상기 니켈 옥사이드층(106)은 쇼트키 접합 태양전지로서 동작한다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150)는 PN 접합 태양전지와 쇼트키 접합 태양전지의 2개의 태양전지가 간단한 구조로 직렬로 연결되는 효과를 얻을 수 있다.

[0049] 또한, 상기 니켈 옥사이드층(106)은 상기 태양전지(150)의 윈도우층 역할을 한다. 즉 상기 니켈 옥사이드층(106)은 상기 태양전지(150)로 입사되는 가시광에 대한 반사 방지막으로서 더 동작하고, 자외선을 흡수하도록 더 동작한다.

[0050] 또한, 상기 니켈 옥사이드층(106)의 두께는 1nm 내지 200nm이다. 상기 니켈 옥사이드층(106)의 두께가 1nm 미만

인 경우 공핍층이 제대로 형성되지 않을 수 있고, 200nm 보다 두꺼운 경우 투과율이 저하되어 태양전지(150) 내부로 입사되는 광의 양이 적어질 수 있어, 하기의 표 2에 도시된 바와 같이 태양전지(150)의 효율이 저하될 수 있다. 또한, 과도하게 두꺼운 NiO층은 입사광에 의해 발생한 캐리어(전자-정공)의 포집 길이가 길어져서 손실을 일으키고 태양전지 성능의 저하를 야기할 수 있다.

표 2

샘플	조건(NiO 두께, 공정온도)	효율[%]
NiO-1	30nm, 200℃	15.38
NiO-2	30nm, 500℃	12.94
NiO-3	60nm, 200℃	6.84

[0051]

표 2에 개시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150)는 니켈 옥사이드층(NiO)(106)의 두께가 30nm인 경우 고온 상태에서도 효율이 양호한 것을 알 수 있다.

[0052]

또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150)에 있어서, 상기 PN 접합 반도체층(105)은 실리콘 웨이퍼로 이루어질 수 있다.

[0053]

한편, 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지의 단면도이다.

[0054]

도 2에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(250)는 도 1에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150)에 제1 전극(101) 및 제2 전극(108)이 추가된 것을 제외하곤 동일하다.

[0055]

도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150, 250)에 있어서, 상기 니켈 옥사이드층(106)은 상기 태양전지(150, 250)의 윈도우층으로서 상기 태양전지(150, 250)로 입사되는 가시광에 대한 반사 방지막 역할을 하고, 자외선에 대해서는 차폐막 역할을 하며, 동시에 상기 PN 접합 반도체층(105)의 N형 실리콘층(104)과 쇼트키 접합을 형성하여 쇼트키 접합 태양전지로서 동작한다.

[0056]

본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150, 250)에 의하면, 니켈 옥사이드층(106)이 상기 태양전지(150, 250)의 윈도우층으로서 상기 태양전지(150, 250)로 입사되는 가시광에 대한 반사 방지막 역할을 하고, 자외선에 대해서는 차폐막 역할을 하여, 입사되는 가시광이 태양전지(150, 250) 내부로 효과적으로 더 많이 흡수되기 때문에, 태양전지(150, 250)의 효율을 향상시킬 수 있다.

[0057]

또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150, 250)에 의하면, PN 접합 태양전지 및 쇼트키 접합 태양전지의 2개의 태양전지가 간단한 구조로 형성됨으로써 태양전지(150, 250)의 단락 회로 전류 밀도와 개방 회로 전압을 향상시킬 수 있다.

[0058]

상기한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 태양전지(150, 250)에 의하면, 니켈 옥사이드층(106)이 쇼트키 접합 태양전지의 구성요소로서 동작할 뿐만 아니라 동시에 반사 방지막 역할을 하기 때문에, 통상적으로 태양전지에 대한 반사 방지 코팅층으로서 사용되는 실리콘질화막(SiNx)을 사용할 필요가 없어 매우 고가의 장비 및 프로세스가 필요하지 않다.

[0059]

또한, 니켈 옥사이드층(106)이 고온에서도 안정된 상태를 유지하기 때문에 금속화 프로세스를 위한 고온에서의 빈번한 셉트 문제(shunt problem)를 방지할 수 있다.

[0060]

한편, 도 4a 내지 도 4d에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지에 있어서, 상기 PN 접합 반도체층(105)과 니켈 옥사이드층(106)의 표면은 흡수되는 광의 양을 증가시키기 위하여 피라미드 구조의 요철면을 갖는다.

[0061]

다시 도 1 및 도 2를 참조하면, 태양광이 니켈 옥사이드층(106)을 투과하여 PN 접합 반도체(105)에 입사하면 PN 접합의 공핍 영역에서 전자와 정공 쌍이 형성되고, 전자는 N형 실리콘층(104)으로 이동하며, 정공은 P형 실리콘층(102)으로 이동한다. 또한, N형 실리콘층(104)과 니켈 옥사이드층(106) 간의 쇼트키 접합의 공핍 영역에 자유 전자가 발생하고 N형 실리콘층(104)에 전자가 축적되는 경우 쇼트키 장벽을 넘어 전자가 니켈 옥사이드층(106)으로 이동한다. 따라서, 태양전지(150, 250) 내부에서 전기가 생성되고 생성된 전기는 제1 전극(101)과 제2 전극(108)을 통해 외부로 인출될 수 있다.

[0062]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법의 흐름도이다.

[0063]

- [0064] 도 2 및 도 3을 참조하면, 단계 S300에서, P형 실리콘층(102)과 N형 실리콘층(104)을 포함하는 PN 접합 반도체층(105)을 형성한다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 PN 접합 반도체층(105)은 실리콘 웨이퍼로 이루어질 수 있다.
- [0065] 단계 S302에서, 상기 PN 접합 반도체층(105)의 N형 실리콘층(104) 상에 니켈 옥사이드(NiO)층(106)을 직접 형성한다.
- [0066] 한편, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법은, 상기 PN 접합 반도체층(105)의 P형 실리콘층(102)의 하면에 제 1전극(101)을 형성하는 단계, 및 상기 니켈 옥사이드층(106)의 상면에 제2 전극(108)을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0067] 한편, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지 제조 방법은, P형 실리콘층(102)과 N형 실리콘층(104)을 포함하는 PN 접합 반도체층(105)을 형성할 때, 상기 PN 접합 반도체층(105)의 표면이 피라미드 구조의 요철면을 갖도록, 상기 PN 접합 반도체층(105)을 형성할 수 있다.
- [0068] **실험**
- [0069] 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지(150, 250)의 성능을 검증하기 위한 실험을 하기와 같이 수행하였다.
- [0070] 본 발명의 일 실시예에서 솔라 그레이트(solar grade) P형 실리콘 웨이퍼(100 Ω/□)가 기판으로서 사용되었다. 실리콘 기판의 표면을 피라미드 구조로 형성하기 위하여, 표면 조직화(texturing) 프로세스가 용액법(solution method)에 의해 수행되었다. 실리콘 웨이퍼는 7.5 vol% IPA를 첨가한 2 wt% KOH로 구성되는 이방성 식각 용액에서, 30분 동안 80℃에서 디핑되었다. 에미터층은 서멀 도핑(thermal doping) 프로세스에 의해 형성되었다. 염화포스포릴(POCl₃)이 850℃에서 서멀 용광로에 투입되었다.
- [0071] 광학적으로 투명한 니켈 옥사이드층이 스퍼터링에 의해 n-실리콘/p-실리콘 기판상에 코팅되었다. 50W의 DC 전력이 200℃의 히팅 상태에서 4인치 니켈 타겟에 인가되었다. 니켈 스퍼터링 동안, O₂ 및 Ar 가스가 각각 1 sccm 및 30 sccm(Standard Cubic Centimeter per Minute) 만큼 챔버로 유입되었다. 니켈 옥사이드의 형태 및 인터페이스는 스캐닝 전자 마이크로스코프에 의해 관찰되었다. 자외선-가시광(UV-vis) 분광 광도계를 사용하여 투과 프로파일이 니켈 옥사이드 코팅된 유리 샘플들로부터 모니터링되었다. Cu K_α 방사($\lambda_{K\alpha}=1.540598 \text{ \AA}$)를 갖는 지표각(grazing angle) X 레이 회절(XRD)이 니켈 옥사이드 구조를 조사하는데 사용되었다. 니켈 옥사이드/n-Si/p-Si의 초기 접합 특성은 소스 미터 유닛에 의해 달성되었다. 태양전지의 성능은 시뮬레이터를 사용하여 하나의 태양 조명 아래에서 획득되었다.
- [0072] **실험 결과**
- [0073] 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지는 도 4a에 도시된 바와 같이 니켈 옥사이드(106)/n-Si(104)/p-Si(102)의 구조를 갖는다. 도 4a의 삽도는 니켈 옥사이드 코팅된 실리콘 태양전지를 도시한 것으로, 140 μm의 핑거 폭(finger width)을 갖는다. 실리콘의 피라미드 구조가 도 4b에 명확하게 관찰된다. 실리콘 웨이퍼의 이방성 정도로 인하여, 식각물은 결정면에 따라 상이하다. 높은 실리콘 본딩 평면은 식각 배리어(barrier)로서 동작하는 반면에 실리콘 평면은 쉽게 식각되어, 피라미드 형상이 형성될 수 있다. 단면 SEM 이미지가 실리콘 상의 니켈 옥사이드층을 관찰하기 위하여 획득되었다. 도 4c와 도 4d에 도시된 바와 같이, 균일한 니켈 옥사이드층(~30nm)이 형성되었다. 도 4d는 도 4c에서 A로 표시된 부분의 확대도이다.
- [0074] 니켈 옥사이드 코팅된 유리와 니켈 옥사이드 코팅된 실리콘에 대한 사진 이미지가 도 5a에 도시된다. 니켈 옥사이드의 결정 구조를 조사하기 위하여, 도 5b에 도시된 바와 같이 XRD 패턴이 획득되었다. 관찰된 피크는 양호하게 결정화된 구조를 보여주기 위하여 결정 평면들에 대응한다. 이 나노 결정 니켈 옥사이드 물질은 Fm-3m의 공간 그룹과 큐빅 결정 대칭을 갖는 것으로 발견되었다.
- [0075] 도 5c에 도시된 바와 같이 투과율 연구를 위하여, 니켈 옥사이드 코팅된 유리가 실리콘 샘플의 동일한 조건 하에서 준비되었다. 니켈 옥사이드층은 300~1100nm의 파장(λ)에서 평균적으로 77.87%의 높은 투과율을 보여주었다. 표면에서의 광 반사의 억압은 반도체 물질에서 더 많은 광자를 흡수하기 위한 중요한 요소이다. 도 5d에 도시된 바와 같이, 니켈 옥사이드 코팅된 실리콘의 반사 프로파일이 획득되었다. 평균적인 반사율(300~1100nm)은 4.23%로 표면 조직화된 실리콘의 9.79%에 비해 매우 낮았다. 더욱이, 니켈 옥사이드 코팅은 $500 \text{ nm} \leq \lambda \leq 600 \text{ nm}$ 에서 0.74%의 실질적으로 억압된 반사율을 나타내는데, 상기 파장 영역은 실리콘 태양전지에 대한 가장 효과적인

인 양자 파장이다. 반사 감소는 실리콘과 공기 체제에 대한 니켈 옥사이드 두께에 의해 설계될 수 있다. 이것은 니켈 옥사이드 코팅이 입사광을 실리콘으로 유입시키는데 효과적인 설계 방식임을 확인할 수 있다.

[0076] 태양전지의 접합 품질을 조사하기 위하여, 도 6a에 도시된 바와 같이, 전류 밀도-전압(J-V) 특성이 어두운 조건 하에서 획득되었다. 표면 조직화된 n-Si/p-Si 디바이스의 누설 전류값은 1.49×10^{-3} [mA/cm²]인 것으로 측정되었다. 한편, 니켈 옥사이드 코팅은 니켈 옥사이드/n-Si/p-Si 디바이스에 대해 5.68×10^{-4} [mA/cm²]까지 누설 전류를 효과적으로 감소시켰다. 이 값은 ITO 또는 AZO 케이스의 누설 전류보다 현저하게 낮고, 이것은 대안에 대한 높은 잠재성을 나타낸다.

[0077] 정류비(RR: rectifying ratio)는 디바이스 품질을 결정하는 기준이고 -0.8V에서의 전류에 대한 +0.8V에서의 전류의 값에 따라 획득된다. 순수한 n-Si/p-Si 디바이스는 적당한 정류비(46.0)를 보여주었고, 한편 니켈 옥사이드/n-Si/p-Si 디바이스는 181.2의 매우 높은 정류비를 제공하였다. 이것은 주로 증강된 순방향 전류 및 억압된 누설 전류 효과에서 기인한다.

[0078] 태양전지 측정을 위하여, 도 6b에 도시된 바와 같이, 일-태양 조명(AM 1.5, 100 mW/cm²)이 샘플들에 조사되었다. 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드/n-Si/p-Si 태양전지는 각각 34.81 mA/cm²의 단락 회로 전류 밀도(J_{sc}) 및 596.5 mV의 개방 회로 전압(V_{oc})을 제공하였다. 이 값들은 기본적인 n-Si/p-Si 디바이스의 단락 회로 전류 밀도와 개방 회로 전압(J_{sc}=33.32 mA/cm² 및 V_{oc}=587.7 mV)보다 더 개선된 결과들이다. 더욱이, 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드/n-Si/p-Si 태양전지의 효율은 기본적인 실리콘 태양전지의 6.73%보다 훨씬 더 높은 약 15.37%이었다. 이것은 주로 개선된 전류 및 전압값 덕분이다. 부가적으로, 필 팩터(FF: fill factor) 특성은 순수한 n-Si/p-Si 태양전지의 34.3%보다 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드 코팅이 74%로 훨씬 더 개선되었다.

[0079] 이러한 개선은 실리콘 기판상에 니켈 옥사이드 코팅을 한 이점으로 인하여 실리콘 표면에서의 실질적인 반사가 감소한 결과이다(도 5d 참조). 이러한 현상은 실리콘으로 더 많은 광자 에너지를 능동적으로 유도하고 결과적으로 더 많은 광-발생 캐리어가 생성되며, 전류 프로파일이 증강된 결과이다. 전기 특성의 관점에서, 니켈 옥사이드층은 전기적으로 도전성을 갖는다. 30nm 두께를 갖는 니켈 옥사이드층을 가지고, 52.27 Ω/□의 양호한 시트 저항값이 획득되었다. 이것은 니켈 옥사이드층이 광-발생 캐리어들을 효과적으로 수집하는데 기여한다는 것을 의미한다. 그 결과, 실리콘 태양전지상에의 전기 도전성 니켈 옥사이드 코팅은 자발적으로 증강된 성능을 제공한다. 이러한 니켈 옥사이드의 광학 및 전기적인 이점들은 다양한 태양전지 애플리케이션들을 포함하여, 다양한 광전 디바이스에 적용될 수 있다.

[0080] 본 발명의 일 실시예에서 성능을 개선하기 위하여 대규모 이용가능한 스퍼터링 방법에 의해 우수한 니켈 옥사이드층이 실리콘 태양전지에 대한 원도우층으로서 형성되고 적용되었다. 광학적으로 투명한 니켈 옥사이드는 가시 영역의 광을 능동적으로 허용하고 동시에 자외선 범위의 광을 차단한다. 더욱이, 니켈 옥사이드층은 또한 반사 방지 코팅층 역할을 한다. 상기 니켈 옥사이드층의 전기 전도 특성은 증강된 전류 프로파일을 초래하는 광-발생 캐리어들을 수집하는데 기여한다. 니켈 옥사이드의 이러한 기능적인 설계는 다양한 유형의 태양전지를 포함하여, 다양한 광전 디바이스에 채택될 강력한 잠재력을 제공할 것이다.

[0081] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세하게 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하다고 할 것이다.

[0082] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로, 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

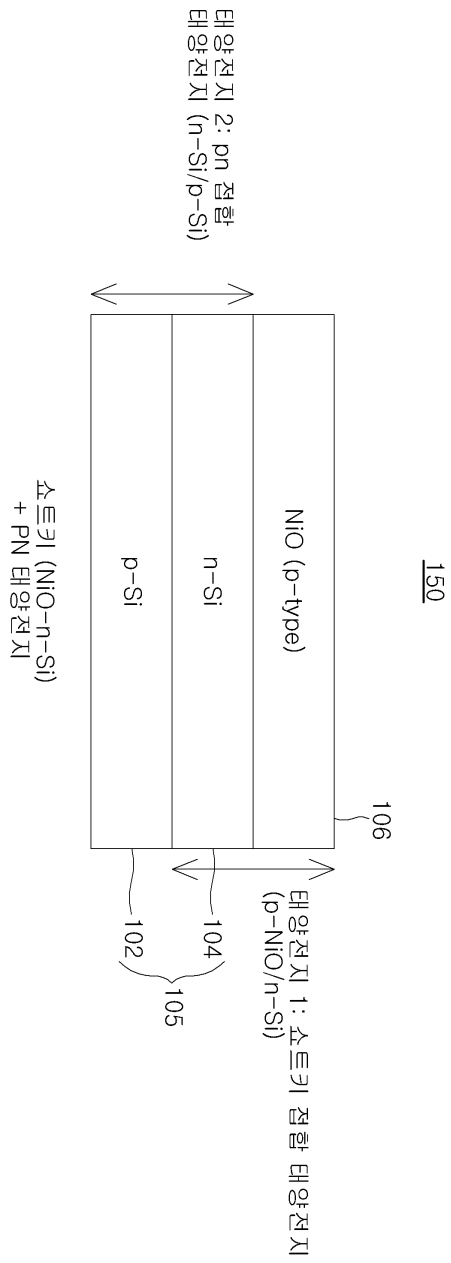
부호의 설명

[0083] 101 : 제1 전극 102 : P형 실리콘층
104 : N형 실리콘층 105 : PN 접합 반도체층
106 : 니켈 옥사이드(NiO)층 108 : 제2 전극
110 : 버스 바

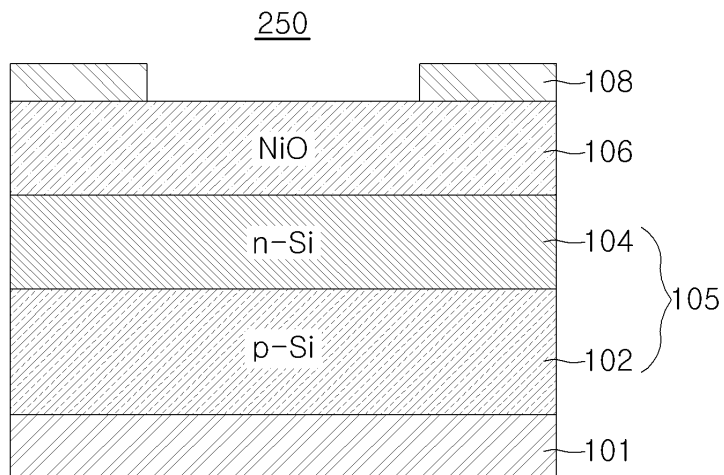
150, 250 : 본 발명의 일 실시예에 의한 니켈 옥사이드를 이용한 태양전지

도면

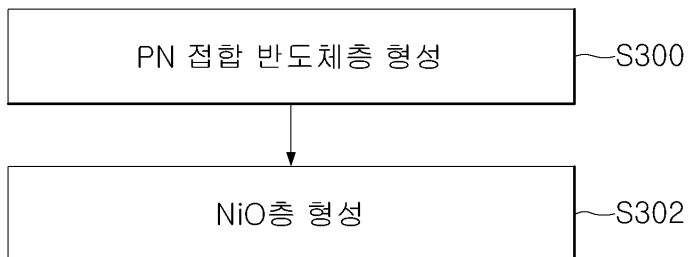
도면1



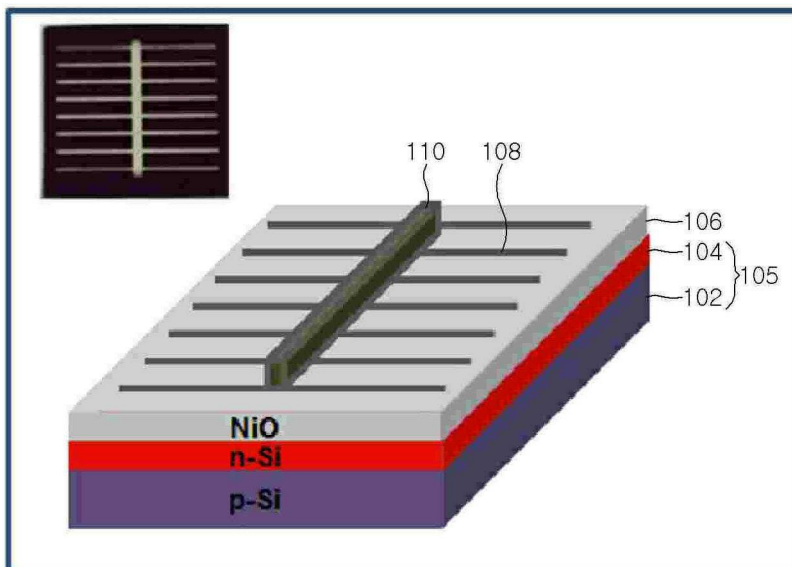
도면2



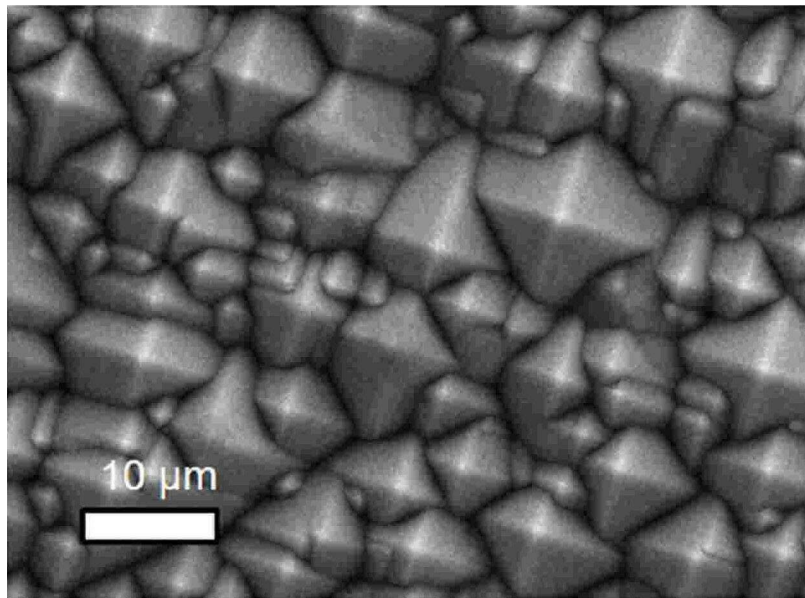
도면3



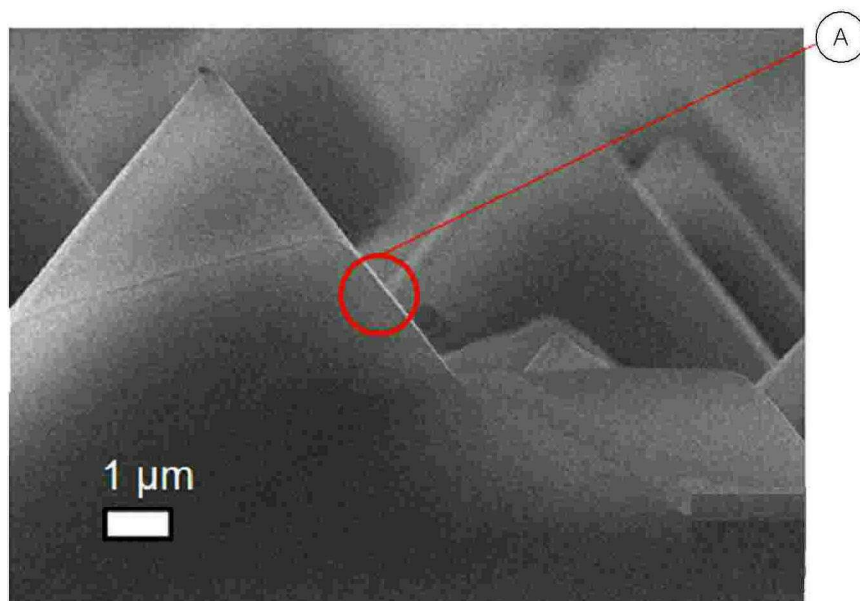
도면4a



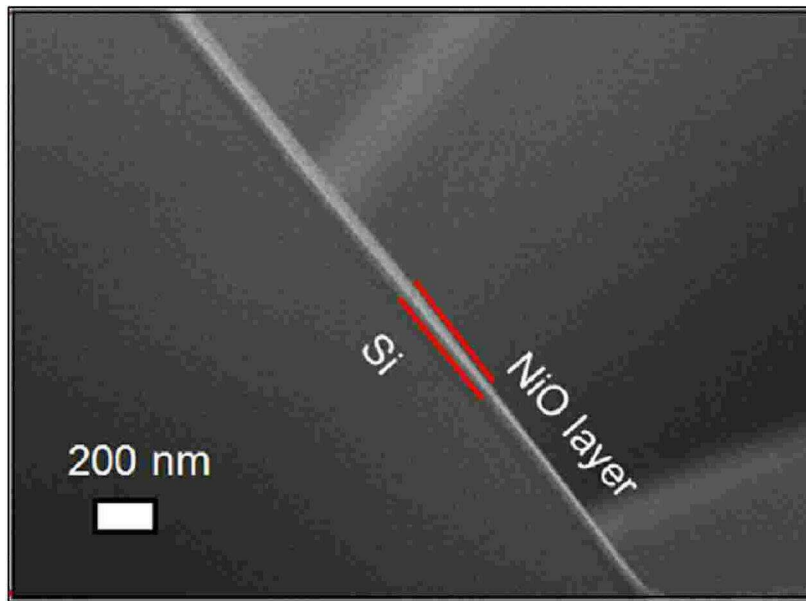
도면4b



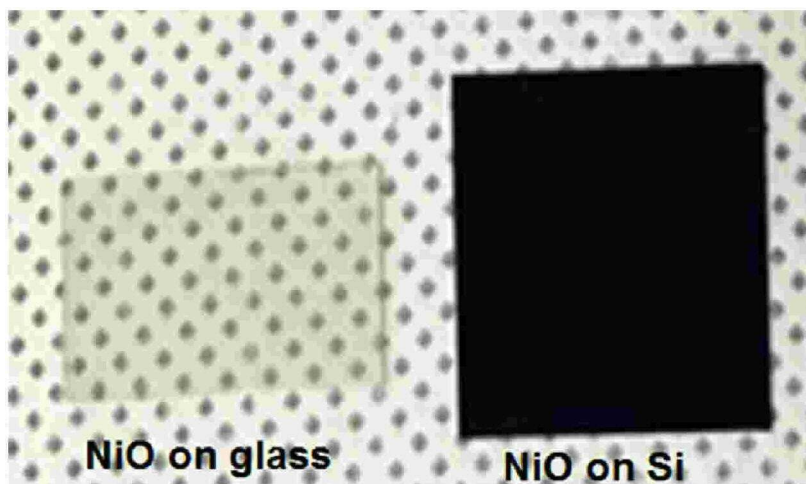
도면4c



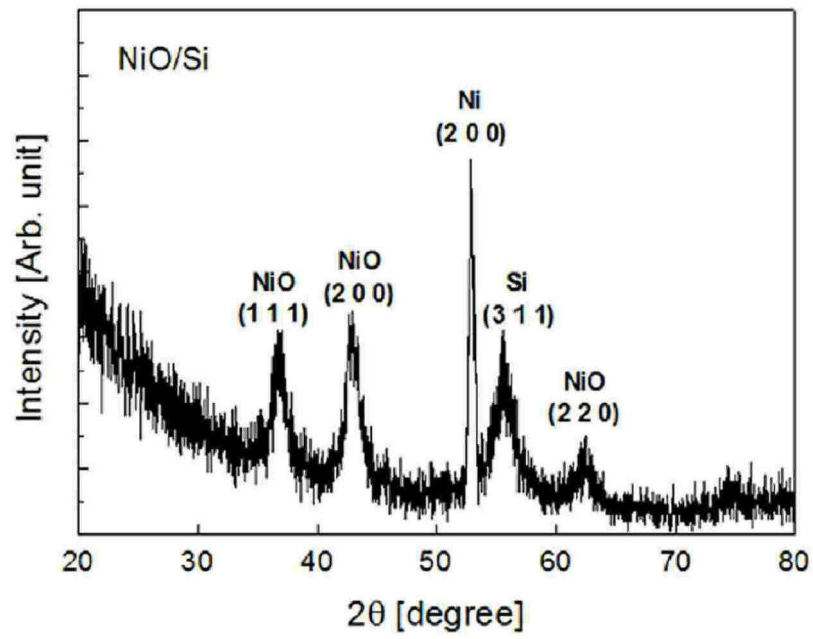
도면4d



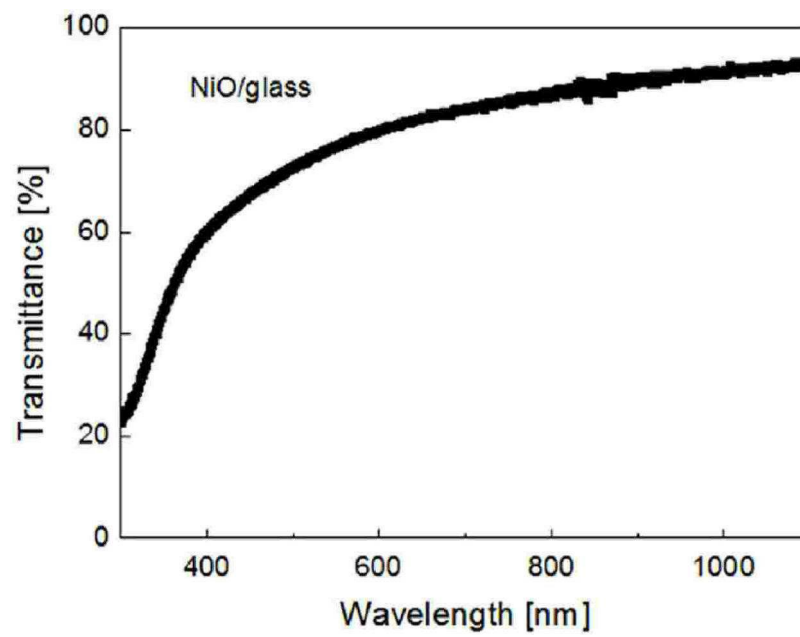
도면5a



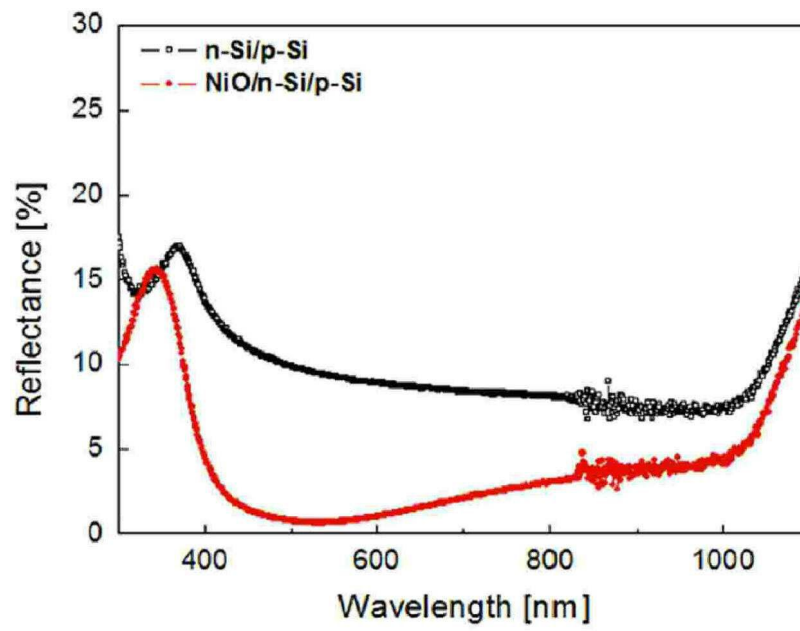
도면5b



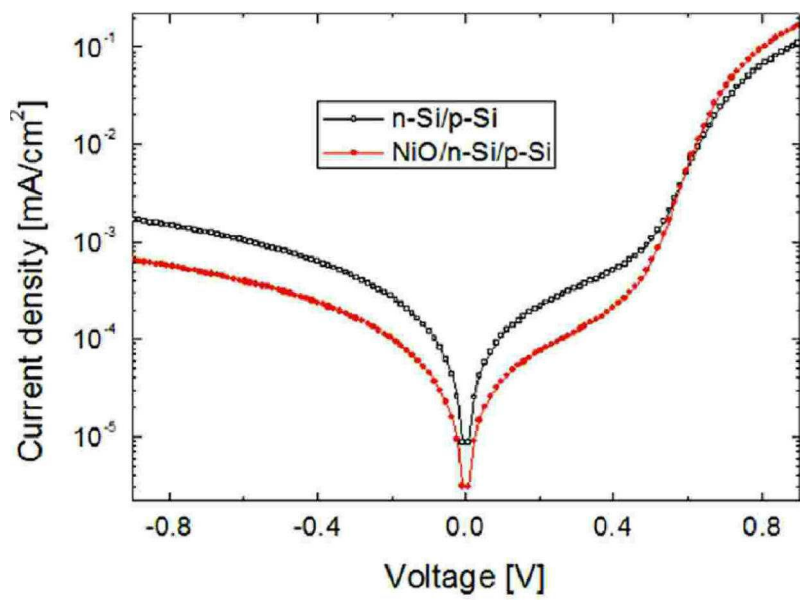
도면5c



도면5d



도면6a



도면6b

