



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0132294  
(43) 공개일자 2019년11월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C30B 29/68 (2006.01) C30B 29/10 (2006.01)  
H01L 31/0304 (2006.01) H01L 33/00 (2010.01)
- (52) CPC특허분류  
C30B 29/68 (2013.01)  
C30B 29/10 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0058566  
(22) 출원일자 2019년05월20일  
심사청구일자 2019년05월20일
- (30) 우선권주장  
1020180057474 2018년05월18일 대한민국(KR)

- (71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
- (72) 발명자  
심우영  
서울특별시 서초구 명달로4길 30, 501동 104호 (서초동, 서초5차대림이편한세상)
- 조영준  
서울특별시 서대문구 성산로 408-11(창천동)
- 이수운  
서울특별시 서대문구 성산로17길 21, 노아스빌 106호(연희동)
- (74) 대리인  
특허법인이룸리온

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **층상형 InAs, 이의 제조 방법 및 이로부터 박리된 InAs 나노시트**

(57) 요약

본 발명은 층상형 InAs, 이의 제조 방법 및 이로부터 박리된 InAs 나노시트에 관한 것이며, 더욱 상세하게는 종래의 벌크형 InAs와 달리 2차원 결정 구조를 갖고, 박리성이 우수하여 나노시트의 형태로 박리하기 용이한 층상형 InAs에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01L 31/03046* (2013.01)

*H01L 33/0062* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017087257

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 원천기술개발사업

연구과제명 결정구조 차원 계층 설계를 통한 벌크소재의 2차원 소재화 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2017.12.18 ~ 2018.03.17

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

(1) K 분말, In 분말 및 As 분말을 포함하는 혼합물을 열처리한 후 냉각하여 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이  $Cmce$ 인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 갖고 화학식  $K_xIn_yAs_z$ ( $x, y, z$ 는  $1 \leq x/y \leq 3/2$ ,  $2/3 \leq y/z \leq 2/3$  및  $2/3 \leq x/z \leq 1$ 를 만족하는 실수이다)를 갖는 층상형 KInAs를 수득하는 단계; 및

(2) 상기 층상형 KInAs에 포함된 K 이온을 선택적으로 제거할 수 있는 염 또는 산, 및 상기 염 또는 산을 용해시킬 수 있는 용매를 포함하는 혼합용액으로 상기 층상형 KInAs를 처리하여 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이  $Cmce$ 인 사방정계 결정구조를 갖는 층상형 InAs를 제조하는 단계;를 포함하는 층상형 InAs의 제조 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 용매는 물, 에탄올, 환상 카보네이트계 용매, 쇄상 카보네이트계 용매, 에스테르계 용매, 에테르계 용매, 니트릴계 용매 및 아미드계 용매 중에서 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 층상형 InAs의 제조 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 산은 타타르산(tartaric acid)인 층상형 InAs의 제조 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 염은  $Al_2(SO_4)_3$ 인 층상형 InAs의 제조 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (1)단계의 열처리는  $700\sim 800^\circ\text{C}$ 에서 6~24시간 동안 수행되는 층상형 InAs의 제조 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (1)단계의 냉각은  $10\sim 15^\circ\text{C}/\text{시간}$  또는  $0.5\sim 3^\circ\text{C}/\text{시간}$ 의 감온 속도로 수행되는 층상형 InAs의 제조 방법.

#### 청구항 7

공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계 결정구조 또는 공간군이  $Cmce$ 인 사방정계 결정구조를 갖는 층상형 InAs.

#### 청구항 8

제7항에 따른 층상형 InAs로부터 박리되고, 공간군이  $P2_1/c$ 인 단사정계 결정구조 또는 공간군이  $Cmce$ 인 사방정계 결정구조를 갖는 InAs 나노시트.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 InAs 나노시트의 두께는 200nm 이하인 InAs 나노시트.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 층상형 InAs, 이의 제조 방법 및 이로부터 박리된 InAs 나노시트에 관한 것이며, 더욱 상세하게는 종래의 벌크형 InAs와 달리 2차원 결정구조를 갖고, 박리성이 우수하여 나노시트의 형태로 박리하기 용이한 층상형 InAs 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0003] 그래핀을 비롯한 다양한 초박막 이차원(2D) 재료들은 새로운 물리적, 화학적, 기계적 및 광학적 특성을 바탕으로 다양한 분야에서 활발히 연구가 되고 있다. 이러한 저차원의 소재는 기존의 벌크 소재가 가지지 못하는 획기적인 신기능이 기대되고 기존소재를 대체할 차세대 미래 소재로서 가능성이 매우 크다.
- [0004] 기존 2D 소재에 대한 연구는 층간(interlayer)의 결합력이 약한 반데르발스 결합을 물리적 및 화학적 방법으로 분리하는 Top-down법, 기상증착법에 기반한 대면적 박막을 성장시키는 Bottom-up법을 기반으로 진행되고 있다. 특히 Top-down법은 박리(exfoliation) 대상 물질의 모상(pristine)이 반드시 2차원적 층상결정구조를 가져야 하므로 밴드갭이 없는 그래핀, 전하 이동도가 낮은 층상 금속 산화물/질화물, 전자이동도/전기전도도가 낮은 전이 금속 칼코겐화합물 등 연구 대상이 매우 제한적인 문제점이 있다.
- [0005] 종래 연구 방법의 한계로 인해 2D 소재는 그래핀이나 전이금속 칼코겐화합물 등의 물질을 대상으로 매우 제한적으로 연구가 진행되었으며, 이는 본질적으로 저차원 소재의 개발 가능 여부가 사용하고자 하는 원소의 종류에 따라 제한된다는 점에서 한계를 가지며 층상구조가 아닌 무수히 많은 3D 벌크 소재의 저차원 미래 소재 개발에는 적합하지 않은 방법이다.
- [0006] 한편, 비화 인듐(Indium arsenide)은 높은 전자 이동도(electron mobility)와 좁은 에너지 밴드갭(energy bandgap)을 가지고 있으며, 이를 바탕으로 기존의 실리콘 기반 반도체를 능가할 수 있는 후보 물질로 연구되고 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허공보 제10-2011-0029856호(2011.3.23. 공개)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 점을 감안하여 안출한 것으로, 종래의 벌크형 InAs와 달리 2차원 결정 구조를 갖고, 박리성이 우수하여 나노시트의 형태로 박리하기 용이한 층상형 InAs, 이의 제조 방법 및 이로부터 박리된 InAs 나노시트를 제공하는 데 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0011] 상술한 과제를 해결하기 위하여 본 발명은,
- [0012] (1) K 분말, In 분말 및 As 분말을 포함하는 혼합물을 열처리한 후 냉각하여 공간군(space group)이 P2<sub>1</sub>/c인 단

사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이 Cmce인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 갖고 화학식  $K_xIn_yAs_z$  ( $x, y, z$ 는  $1 \leq x/y \leq 3/2$ ,  $2/3 \leq y/z \leq 2/3$  및  $2/3 \leq x/z \leq 1$ 를 만족하는 실수이다)를 갖는 층상형 KInAs를 수득하는 단계; 및

[0013] (2) 상기 층상형 KInAs에 포함된 K 이온을 선택적으로 제거할 수 있는 염 또는 산, 및 상기 염 또는 산을 용해시킬 수 있는 용매를 포함하는 혼합용액으로 상기 층상형 KInAs를 처리하여 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이 Cmce인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 갖는 층상형 InAs를 제조하는 단계;

[0014] 를 포함하는 층상형 InAs의 제조방법을 제공한다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 용매는 물, 에탄올, 환상 카보네이트계 용매, 쇠상 카보네이트계 용매, 에스테르계 용매, 에테르계 용매, 니트릴계 용매 및 아미드계 용매 중에서 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0016] 또한 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 산은 타타르산(tartaric acid)일 수 있다.

[0017] 또한 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 염은  $Al_2(SO_4)_3$ 일 수 있다.

[0018] 또한 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 (1)단계의 열처리는  $700\sim 800^\circ C$ 에서 6~24시간 동안 수행될 수 있다.

[0019] 또한 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 (1)단계의 냉각은  $10\sim 15^\circ C$ /시간 또는  $0.5\sim 3^\circ C$ /시간의 감온 속도로 수행될 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명은 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이 Cmce인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 갖는 층상형 InAs를 제공한다.

[0022] 또한 본 발명은 본 발명에 따른 층상형 InAs로부터 박리되고, 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이 Cmce인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 갖는 InAs 나노시트를 제공한다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 의하면 상기 InAs 나노시트의 두께는 200nm 이하 일 수 있다.

### 발명의 효과

[0025] 본 발명에 따른 층상형 InAs는 종래의 벌크형 InAs와 달리 2차원 결정 구조를 갖고, 박리성이 우수하여 나노시트의 형태로 박리하기 용이하며, 전하이동도가 우수하여 집적 회로, 발광 다이오드 및 태양전지 분야에 널리 활용될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 층상형 InAs 제조 방법에 대한 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 KInAs의 합성을 위한 온도 조건을 시간에 따라 나타낸 그래프이다.

도 3은 실시예1에 따른 층상형 InAs의 SEM 이미지이다.

도 4는 실시예 1에 따른 층상형 InAs의 XRD 스펙트럼 데이터이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 층상형 InAs의 AFM 분석 결과를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 층상형 InAs의 TEM 이미지(왼쪽), 상기 TEM 이미지를 확대하여 FFT 처리한 패턴(가운데) 및 원소의 몰비(오른쪽)를 나타낸 도면이다.

도 7은  $K_2In_2As_3$ 의 [010] 평면의 결정 구조를 나타낸 도면이다.

도 8은  $K_3In_2As_3$ 의 [100] 평면의 결정 구조를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시시에 따른 층상형 InAs의 투과 주사 전자 현미경(STEM) 이미지 및 그 분석 결과를 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0029] 본 발명에 따른 층상형 InAs의 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0030] 본 발명에 따른 층상형 InAs의 제조 방법은 기존 3D 구조의 벌크형 InAs를 이차원 구조로 제조할 수 있으며, 본 발명에 따른 층상형 InAs는 기존 벌크형 InAs와는 달리 박리가 용이하여 InAs 나노시트로 제조할 수 있고, 우수한 전자이동도를 가질 수 있다.
- [0031] 먼저 (1)단계로서, K 분말, In 분말 및 As 분말을 포함하는 혼합물을 열처리한 후 냉각하여 층상형 KInAs를 수득한다. 상기 층상형 KInAs는  $K_xIn_yAs_z$ 의 화학식을 가지며, 여기서 x, y 및 z는  $1 \leq x/y \leq 3/2$ ;  $2/3 \leq y/z \leq 2/3$ ; 및  $2/3 \leq x/y \leq 1$ 를 모두 만족하는 실수이다.
- [0033] 상기 층상형 KInAs는 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이  $Cmce$ 인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 가진다. 상기 혼합물은 반응용기에 봉입한 후 열처리될 수 있으며, 상기 반응용기 내부는 불활성 기체 또는 진공 분위기로 유지될 수 있다.
- [0034] 또한, 상기 반응용기의 소재는 일예로 알루미늄, 몰리브덴, 텅스텐 또는 석영일 수 있으나, 시료와 반응하지 않고, 고온에서 파손되지 않는 물질이라면 소재에 제한 없이 사용할 수 있다.
- [0035] 도 1에 도시된 바와 같이 (1) 단계를 통해 준비되는 층상형 KInAs는 3D 결정 구조의 InAs와 상이한 2D 결정 구조를 가지며, 후술되는 (2)단계에서 상기 층상형 KInAs의 K 이온을 선택적으로 제거하여 상기 층상형 KInAs의 결정 구조 변화 없이 층상형 InAs를 제조할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 (1)단계의 열처리는 700~800℃에서 6~24시간 동안 수행될 수 있다.
- [0037] 만일, 상기 열처리가 700℃ 미만으로 수행될 경우, 상기 혼합물의 소결 반응이 완료되지 않아 미반응된 원재료가 잔류할 수 있고, 이에 따라 제조되는 층상형 KInAs의 수율이 저하되는 등의 문제가 있을 수 있다. 또한, 상기 열처리가 800℃를 초과하여 수행될 경우, K 이온의 기화로 소결 반응시 사용되는 반응 용기가 파손되거나, 제조되는 층상형 KInAs의 수율이 저하되는 등의 문제가 있을 수 있다.
- [0038] 만일, 상기 열처리가 6시간 미만으로 수행될 경우, 상기 혼합물의 소결 반응이 완료되지 않아 미반응된 원재료가 잔류할 수 있고, 이에 따라 제조되는 층상형 KInAs의 수율이 저하되는 등의 문제가 있을 수 있다. 또한, 상기 열처리가 24시간을 초과하여 수행될 경우, 제조 공정 시간이 불필요하게 증가할 우려가 있다.
- [0039] 열처리한 후 냉각하는 과정은 KInAs의 결정화를 위해 필요하며, 냉각 속도에 따라 제조되는 KInAs의 결정성이 변할 수 있다.
- [0040] 상기 냉각은 10~15℃/시간 또는 0.5~3℃/시간의 감온 속도로 수행될 수 있으며, 상기 감온 속도가 10~15℃/시간일 경우 층상형 KInAs를 다결정화할 수 있고, 상기 감온 속도가 0.5~3℃/시간일 경우 층상형 KInAs를 단결정화할 수 있다. 상기 층상형 InAs의 단결정 크기가 커질수록 입자의 그레인 바운더리(grain boundary)가 감소하여 전하 이동도가 증가할 수 있고, 층상형 InAs 박리시 박리되는 InAs 나노시트의 종횡비(aspect ratio)가 증가할 수 있다.
- [0041] 일 상기 감온 속도가 10℃/시간 미만일 경우, K 이온의 기화로 인해 제조되는 물질의 조성 변화가 발생할 수 있고, 상기 감온 속도가 15℃/시간을 초과할 경우, 제조되는 KInAs가 다결정화될 수 있다.
- [0042] 다음으로, (2)단계로서 상기 (1)단계에서 제조된 층상형 KInAs에 포함된 K 이온을 선택적으로 제거할 수 있는 염 또는 산, 및 상기 염 또는 산을 용해시킬 수 있는 용매를 포함하는 혼합용액으로 상기 층상형 KInAs를 처리

하여 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이  $Cmce$ 인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 갖는 층상형 InAs를 제조한다.

- [0043] 상기 용매는 물, 에탄올, 환상 카보네이트계 용매, 쇠상 카보네이트계 용매, 에스테르계 용매, 에테르계 용매, 니트릴계 용매 및 아미드계 용매 중에서 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0044] 상기 산은 타타르산(tartaric acid), 상기 염은  $Al_2(SO_4)_3$  일 수 있으며, 상기 염 또는 산은 상기 층상형 KInAs의 K 이온 제거 효율을 증가시키기 위하여 상기 용매에 용해될 수 있는 한 높은 농도로 상기 혼합용액에 포함될 수 있다.
- [0045] 상기 염은 상기 층상형 KInAs의 K 이온을 제거하기에 충분한 양으로 사용될 수 있으나, 바람직하게는 상기 혼합용액 내 층상형 KInAs 및 염은 1:1
- [0046] 내지 1:3의 몰비율로 포함될 수 있다. 만일 상기 층상형 KInAs 및 염의 몰비율이 1:1 미만일 경우, 상기 층상형 KInAs의 K 이온이 목적하는 수준으로 제거되지 않을 수 있고, 만일 상기 몰비율이 1:3을 초과할 경우 상기 염이 상기 혼합용액에 용해되지 않아 침전물이 발생하는 등의 문제가 있을 수 있다.
- [0047] 상기 산은 상기 층상형 KInAs의 K 이온을 제거하기에 충분한 양으로 사용될 수 있으나, 바람직하게는 상기 혼합용액 내 층상형 KInAs 및 산은 1:1
- [0048] 내지 1:3의 몰비율로 포함될 수 있다. 만일 상기 층상형 KInAs 및 산의 몰비율이 1:1 미만일 경우, 상기 층상형 KInAs의 K 이온이 목적하는 수준으로 제거되지 않을 수 있고, 만일 상기 몰비율이 1:3을 초과할 경우 상기 산이 상기 혼합용액에 용해되지 않아 침전물이 발생하는 등의 문제가 있을 수 있다.
- [0049] 또한 상기 혼합용액은  $InCl_3$ 를 더 포함할 수 있으며, 상기  $InCl_3$ 는 상기 층상형 KInAs의 In 이온이 상기 산과 반응하는 것을 방지 또는 최소화할 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 (2)단계는 상기 K 이온의 제거 반응이 원활하게 일어날 수 있는 온도에서 수행될 수 있으며, 상기 혼합용액의 조성에 따라 온도가 달라질 수 있으나, 바람직하게는 20 °C 이상의 온도, 더욱 바람직하게는 20~60 °C의 온도에서 수행될 수 있다. 만일 20°C 미만에서 수행될 경우, K 이온이 목적하는 수준으로 제거되지 않거나 제조되는 층상형 KInAs의 층상형 구조가 붕괴될 수 있고, 60°C를 초과하는 온도에서 수행될 경우 제조되는 층상형 KInAs의 층상형 구조가 붕괴될 수 있다. 또한, 20~60°C의 온도에서 수행될 경우 제조되는 층상형 KInAs의 층상형 구조를 유지하면서 알칼리 금속 이온 제거율이 우수할 수 있다.
- [0051] 또한, 상기 (2)단계는 상기 혼합용액의 조성, K 이온의 제거율에 따라 복수 회 실시할 수 있으나, 제조되는 층상형 InAs의 층상형 구조를 유지하기 위해 1회 실시하는 것이 바람직하다.
- [0053] 다음으로, 본 발명의 층상형 InAs에 대하여 설명한다.
- [0054] 본 발명에 따른 층상형 InAs는 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이  $Cmce$ 인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 가지며, 이는 기존 3D 벌크형 InAs와 상이한 결정 구조로서 박리성이 우수하여 나노시트의 형태로 박리하기 용이하며, 기존 3D 벌크형 InAs보다 우수한 전자 이동도를 가질 수 있다.
- [0056] 다음으로, 본 발명의 InAs 나노시트에 대하여 설명한다.
- [0057] 본 발명에 따른 InAs 나노시트는 본 발명에 따른 층상형 InAs로부터 박리되어 수득할 수 있으며, 공간군(space group)이  $P2_1/c$ 인 단사정계(monoclinic) 결정구조 또는 공간군이  $Cmce$ 인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 갖는다.
- [0058] 상기 층상형 InAs의 박리 방법은 당업계에서 공지된 층상형 물질의 박리 방법을 사용할 수 있으며, 일례로 초음파에 의한 에너지로 박리하는 방법, 용매의 침입에 의한 박리 방법, 테이프를 이용한 박리 방법 및 접착성 표면을 가진 물질을 이용한 박리 방법 중 어느 하나의 방법을 사용할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 InAs 나노시트는 200nm 이하의 두께를 가질 수 있으며, 만일 상기 두께가



200nm를 초과할 경우 InAs 나노시트의 표면적이 현저히 감소할 수 있다.

[0060] 한편, 본 발명에 따른 층상형 InAs 및 InAs 나노시트는 발광 다이오드에 활용될 수 있다. 구체적으로 발광 다이오드 제1전극, 발광층 및 제2전극을 포함할 수 있다. 이때, 상기 발광층에 본 발명에 따른 층상형 InAs 또는 InAs 나노시트가 포함될 수 있으며, 본 발명에 따른 층상형 InAs 및 InAs는 우수한 전하 이동도를 가짐으로써 발광 다이오드의 발광 효율을 향상시킬 수 있다. 상기 발광 다이오드의 각 구성은 당업계의 공지된 구성을 채용할 수 있어서 본 발명은 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다.

[0061] 또한, 본 발명에 따른 층상형 InAs 및 InAs 나노시트는 집적회로에 활용될 수 있다. 구체적으로 집적회로에 포함되는 반도체 칩에 본 발명에 따른 층상형 InAs 또는 InAs 나노시트가 포함될 수 있으며, 일례로, 실리콘 웨이퍼 상에 본 발명에 따른 층상형 InAs 또는 InAs 나노시트를 포함하는 층을 구비하여 반도체 칩을 구성할 수 있다. 상기 집적회로에 포함되는 반도체 칩 이외의 구성은 당업계에서 공지된 구성을 채용할 수 있어서 본 발명은 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다.

[0062] 또한, 본 발명에 따른 층상형 InAs 및 InAs 나노시트는 태양전지에 활용될 수 있다. 구체적으로 태양전지에 포함되는 광활성층에 본 발명에 따른 우수한 전하 이동도를 갖는 층상형 InAs 또는 InAs 나노시트가 포함될 수 있으며, 이에 따라 태양전지의 광전변환효율을 향상될 수 있다. 상기 태양전지에 포함되는 광활성층 이외의 구성은 당업계에서 공지된 구성을 채용할 수 있어서 본 발명은 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다.

[0064] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

#### [0066] (준비예1) 층상형 KInAs 제조

[0067] 정량의 K 분말, In 분말 및 As 분말을 혼합한 후 불활성 기체 분위기의 퀴츠 튜브에 봉입하였다. 시료가 담긴 퀴츠 튜브를 750℃에서 10시간 동안 열처리 하였다. 이후 KInAs의 재결정화를 위해 10℃/hr의 감온 속도로 냉각하여 공간군(space group)이 Cmce인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 포함하는 KInAs를 수득하였다.

#### [0069] (실시예1) 층상형 InAs 제조

[0070] 준비예1에서 제조된 KInAs를 에탄올 및 타타르 산과 혼합하여 상기 KInAs에서 K 이온을 제거하였으며, 이를 통해 공간군이 Cmce인 사방정계(orthorhombic) 결정구조를 갖는 층상형 InAs를 제조하였다.

#### [0072] (실시예2) InAs 나노시트 제조

[0073] 실시예1에서 제조된 층상형 InAs를 스카치테이프(3M)로 박리하여 InAs 나노시트를 제조하였다.

#### [0075] (비교예1) 3D 벌크형 InAs

[0076] In 분말과 As 분말을 열처리한 후 자연 냉각하여 3D 벌크형 InAs를 제조하였다.

#### [0078] (실험예1) SEM 분석

[0079] 실시예1에서 제조된 층상형 InAs에 대한 SEM 이미지를 촬영하였으며, 그 결과를 도 3에 도시하였다.

[0080] 도 3을 참조하면, 층상형 KInAs(준비예1)로부터 제조된 InAs가 층상형인 것을 확인할 수 있다.

#### [0082] (실험예2) XRD 분석



[0083] 비교예 1의 InAs, 준비예 1의 KInAs 시료에 대하여 XRD 분석을 실시하였으며, 그 결과를 도 4에 도시하였다. XRD 피크의 비교를 위한 참조로서,  $K_3In_2As_3$  및  $K_2In_2As_3$ 의 XRD 분석 결과를 함께 표시하였다.

[0085] 도 4를 참조하면, 스펙트럼 분석 결과 준비예 1의 KInAs 시료가 고순도의 단결정으로 합성된 것을 확인할 수 있다. 또한,  $K_3In_2As_3$  및  $K_2In_2As_3$ 의 XRD 스펙트럼과 비교해 보면  $K_3In_2As_3$ 와의 주 피크(main peak)가 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

### [0087] (실험예3) AFM 분석

[0088] 실시예 2에서 제조된 InAs 나노시트에 대하여 AFM 분석을 실시하였으며, 그 결과를 도 5에 도시하였다.

[0090] 도 5를 참조하면, K이온의 제거로 인하여 용이하게 얇은 두께의 InAs 나노시트를 제조할 수 있었으며, 제조된 InAs 나노시트의 두께는 약 40nm인 것을 확인할 수 있었다.

### [0092] (실험예4) TEM 분석

[0093] 실시예 2에서 제조된 InAs 나노시트에 대하여 TEM 분석을 실시하였으며, 그 결과를 도 6에 도시하였다.

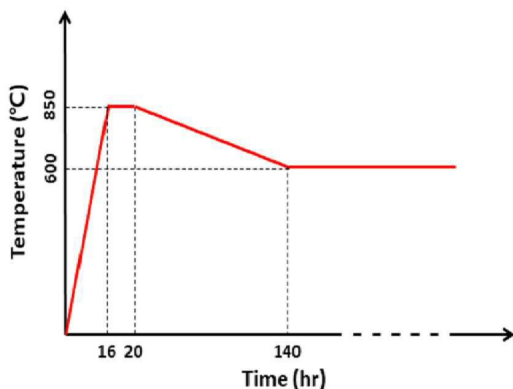
[0095] 도 6(왼쪽)을 참조하면, 층상형 InAs로부터 박리된 InAs가 나노시트의 형태를 하고 있음을 확인할 수 있다.

## 도면

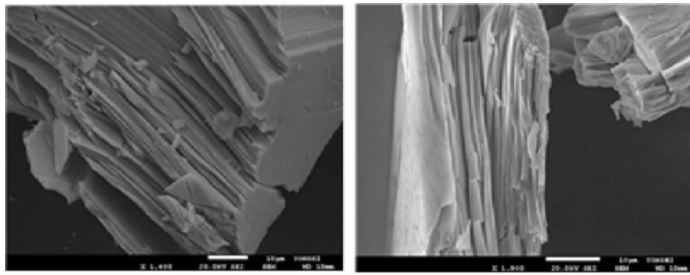
### 도면1



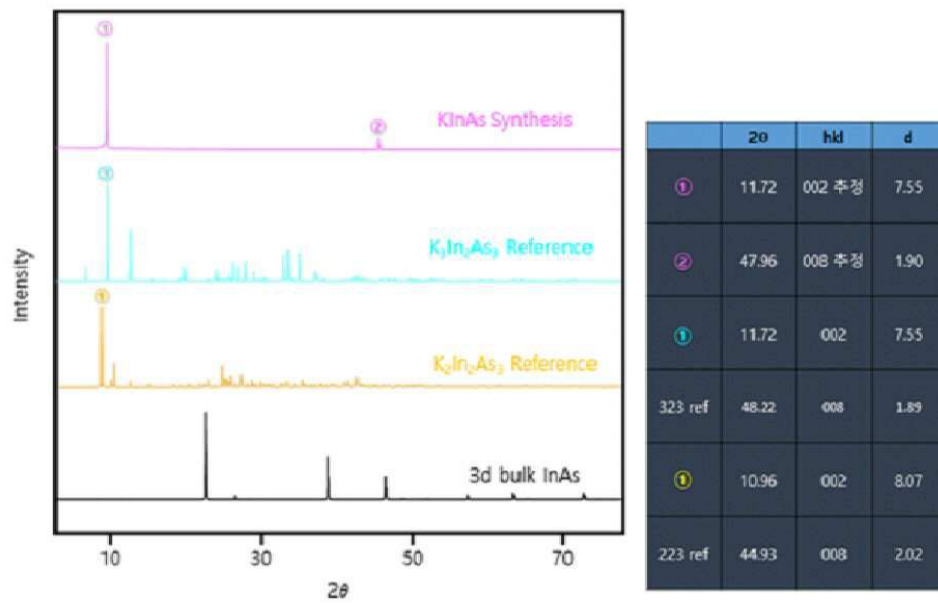
### 도면2



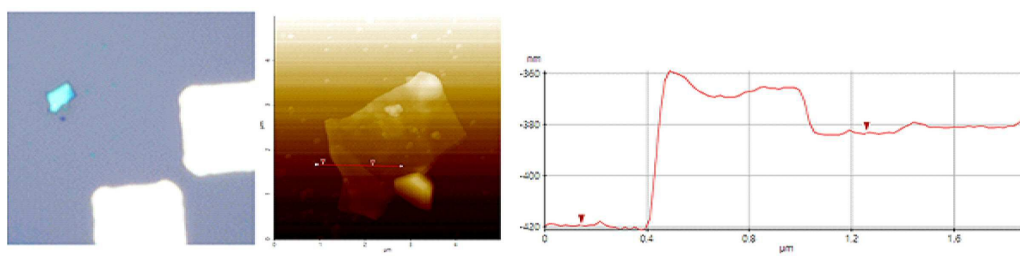
도면3



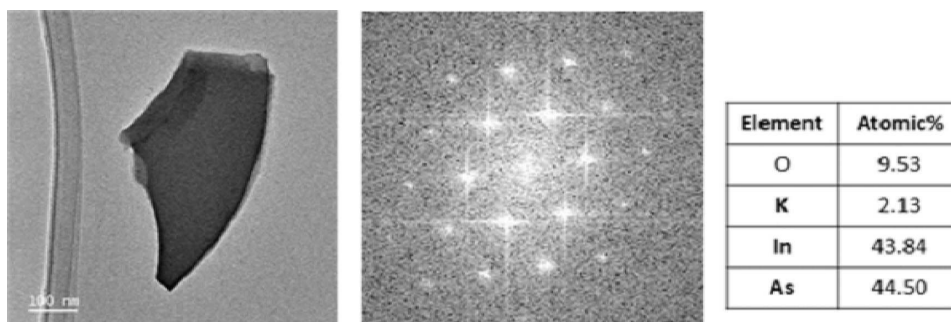
도면4



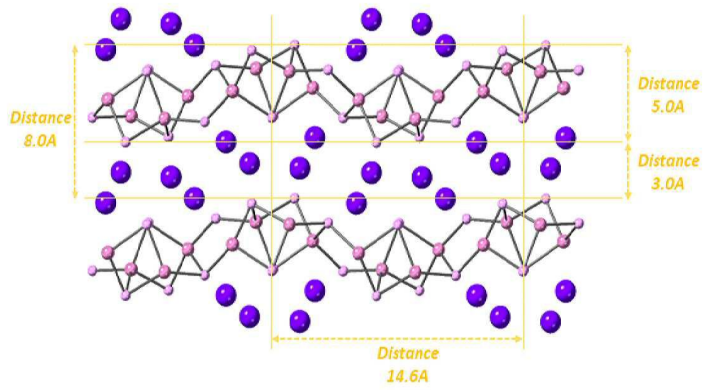
도면5



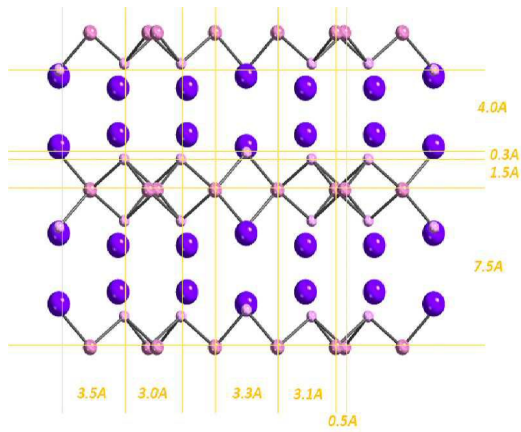
도면6



도면7



도면8



도면9

