



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0089862
(43) 공개일자 2023년06월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09K 11/62 (2006.01) C09K 11/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C09K 11/623 (2013.01)
C09K 11/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0178597
(22) 출원일자 2021년12월14일
심사청구일자 2021년12월14일

(71) 출원인
성균관대학교산학협력단
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
정소희
경기도 수원시 장안구 서부로 2066(천천동)
강문성
서울특별시 마포구 백범로 35(신수동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박상열, 최내윤, 정우상, 한선희

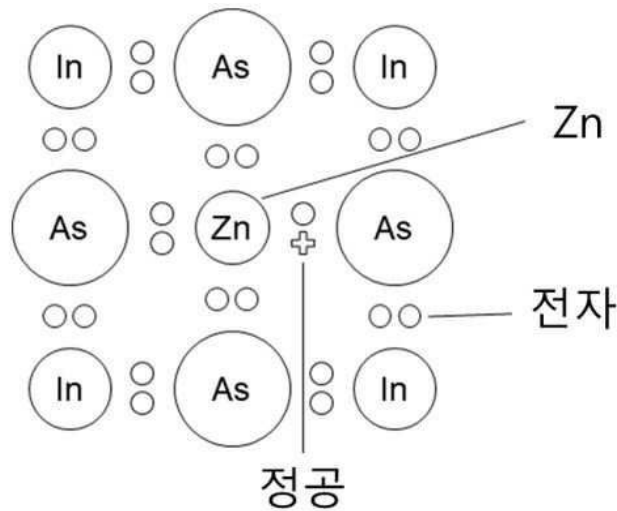
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 아연이 도핑된 양자점 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본원은 III-V 족 화합물을 포함하는 코어; 및 상기 코어 상에 형성된 리간드를 포함하고, 상기 코어는 아연(Zn)이 도핑된 것인, 양자점에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B82Y 20/00 (2013.01)

(72) 발명자

김효인

경기도 수원시 장안구 서부로 2066(천천동)

신대권

경기도 수원시 장안구 서부로 2066(천천동)

윤종일

서울특별시 마포구 백범로 35(신수동)

조현우

서울특별시 마포구 백범로 35(신수동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711130784
과제번호	2019M3D1A1078299
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	미래소재디스커버리지원(R&D)
연구과제명	공유결합성 인공원자 합성 및 응용
기 여 율	1/1
과제수행기관명	성균관대학교
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

III-V 족 화합물을 포함하는 코어; 및
상기 코어 상에 형성된 리간드;
를 포함하고,
상기 코어는 아연(Zn)이 도핑된 것인,
양자점.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 양자점은 P형 반도체 특성을 가지는 것인, 양자점.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 III-V 족 화합물은 인듐 아세나이드(InAs), 인듐 포스포러스(InP), 인듐 안티모니(InSb), 인듐 니트라이드(InN), 갈륨 포스포러스(GaP), 갈륨 아세나이드(GaAs), 갈륨 안티모니(GaSb), 갈륨 니트라이드(GaN), 알루미늄 포스포러스(AlP), 알루미늄 아세나이드(AlAs), 알루미늄 안티모니(AlSb), 알루미늄 니트라이드(AlN), 갈륨 포스포러스 아세나이드(GaPAs), 갈륨 포스포러스 안티모니(GaPSb), 갈륨 포스포러스 니트라이드(GaPN), 갈륨 아세나이드니트라이드(GaAsN), 갈륨 안티모니니트라이드(GaSbN), 알루미늄 포스포러스 아세나이드(AlPAs), 알루미늄 포스포러스 안티모니(AlPSb), 알루미늄 포스포러스 니트라이드(AlPN), 알루미늄 아세나이드니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니니트라이드(AlSbN), 인듐 포스포러스 아세나이드(InPAs), 인듐 포스포러스 안티모니(InPSb), 인듐 포스포러스니트라이드(InPN), 인듐 아세나이드니트라이드(InAsN), 인듐 안티모니 니트라이드(InSbN), 알루미늄 갈륨 포스포러스(AlGaP), 알루미늄 갈륨 아세나이드(AlGaAs), 알루미늄 갈륨 안티모니(AlGaSb), 알루미늄 갈륨 니트라이드(AlGaN), 알루미늄 아세나이드 니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니 니트라이드(AlSbN), 인듐 갈륨 포스포러스(InGaP), 인듐 갈륨 아세나이드(InGaAs), 인듐 갈륨 안티모니(InGaSb), 인듐 갈륨 니트라이드(InGaN), 인듐 아세나이드니트라이드(InAsN), 인듐 안티모니 니트라이드(InSbN), 알루미늄 인듐 포스포러스(AlInP), 알루미늄 인듐 아세나이드(AlInAs), 알루미늄 인듐 안티모니(AlInSb), 알루미늄 인듐 니트라이드(AlInN), 알루미늄 아세나이드 니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니 니트라이드(AlSbN), 알루미늄 포스포러스 니트라이드(AlPN), 갈륨 알루미늄 포스포러스 아세나이드(GaAlPAs), 갈륨 알루미늄 포스포러스 안티모니(GaAlPSb), 갈륨 인듐 포스포러스 아세나이드(GaInPAs), 갈륨 인듐 알루미늄 아세나이드(GaInAlAs), 갈륨 알루미늄 포스포러스 니트라이드(GaAlPN), 갈륨 알루미늄 아세나이드 니트라이드(GaAlAsN), 갈륨 알루미늄 안티모니 니트라이드(GaAlSbN), 갈륨 인듐 포스포러스 니트라이드(GaInPN), 갈륨 인듐 아세나이드 니트라이드(GaInAsN), 갈륨 인듐 알루미늄 니트라이드(GaInAlN), 갈륨 안티모니포스포러스 니트라이드(GaSbPN), 갈륨 아세나이드 포스포러스 니트라이드(GaAsPN), 갈륨 아세나이드안티모니니트라이드(GaAsSbN), 갈륨 인듐 포스포러스 안티모니(GaInPSb), 갈륨 인듐포스포러스 니트라이드(GaInPN), 갈륨 인듐 안티모니 니트라이드(GaInSbN), 갈륨 포스포러스 안티모니 니트라이드(GaPSbN), 인듐 알루미늄 포스포러스 아세나이드(InAlPAs), 인듐 알루미늄 포스포러스 니트라이드(InAlPN), 인듐 포스포러스 아세나이드 니트라이드(InPAsN), 인듐 알루미늄 안티모니 니트라이드(InAlSbN), 인듐 포스포러스 안티모니 니트라이드(InPSbN), 인듐 아세나이드 안티모니 니트라이드(InAsSbN) 및 인듐 알루미늄 포스포러스 안티모니(InAlPSb) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 양자점.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 리간드는 올레일아민(Oleylamine), 부틸아민(Butylamine), 옥틸아민(Octylamine), 도데실아민(Dodecylamine), 헥사데실아민(Hexadecylamine), 헥실아민(hexylamine), 프로필아민(propylamine), 아닐린(aniline), 벤질아민(benzylamine), 옥타데실아민(octadecylamine) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 양자점.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 양자점의 직경은 1 nm 내지 9.5 nm 인 것인, 양자점.

청구항 6

III 족 전구체 및 용매를 포함하는 용액을 준비하는 단계;

아연(Zn)을 포함하는 화합물을 이용하여 V 족 전구체를 환원시키는 단계; 및

상기 용액 및 상기 환원된 V 족 전구체를 혼합하여 III-V 족 화합물을 제조하는 단계;

를 포함하고,

상기 아연(Zn)이 상기 III-V 족 화합물에 도핑되는 것인,

양자점의 제조 방법:

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 혼합하는 단계는 1℃ 내지 350℃ 의 온도범위에서 수행되는 것인, 양자점의 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 온도범위에 따라 상기 양자점의 직경이 조절되는 것인, 양자점의 제조 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 III 족 전구체의 III 족 원소는 인듐, 알루미늄, 갈륨 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 양자점의 제조 방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 III 족 전구체는 인듐 클로라이드(Indium chloride), 인듐 아이오다이드(Indium iodide), 인듐 클로라이

드 사수화물(Indium chloride tetrahydrate), 인듐 옥사이드(Indium oxide), 인듐 나이트레이트(Indium nitrate), 인듐 나이트레이트 수화물(Indium nitrate hydrate), 인듐 설페이트(Indium sulfate), 인듐 설페이트 수화물(Indium sulfate hydrate), 인듐 아세테이트(Indium acetate), 인듐 아세틸아세토네이트(Indium acetylacetonate), 인듐 브로마이드(Indium bromide), 인듐 플로라이드(Indium fluoride), 인듐 플로라이드 삼수화물(Indium fluoride trihydrate), 트리메틸 인듐 (Trimethyl indium), 인듐 올레이트(Indium oleate), 인듐 카르복실레이트(indium carboxylate), 알루미늄 아세테이트(aluminum acetate), 알루미늄 아이오다이드(aluminum iodide), 알루미늄 브로마이드(aluminum bromide), 알루미늄 클로라이드(aluminum chloride), 알루미늄 클로라이드 육수화물(aluminum chloride hexahydrate), 알루미늄 플루오라이드(aluminum fluoride), 알루미늄 나이트레이트(aluminum nitrate), 알루미늄 옥사이드(aluminum oxide), 알루미늄 퍼클로레이트(aluminum perchlorate), 알루미늄 카바이드(aluminum carbide), 알루미늄 스테아레이트(aluminum stearate), 알루미늄 설페이트(aluminum sulfate), 디-*i*-부틸알루미늄 클로라이드(Di-*i*-butylaluminum chloride), 디에틸알루미늄 클로라이드(Diethylaluminum chloride), 트리-*i*-부틸알루미늄 (Tri-*i*-butylaluminum), 트리에틸알루미늄 (Triethylaluminum), 트리에틸(트리-*sec*-부톡시)디알루미늄 (Triethyl(tri-*sec*-butoxy)dialuminum), 알루미늄 포스페이트(aluminum phosphate), 알루미늄 아세틸아세토네이트(aluminum acetylacetonate), 트리메틸알루미늄 (Trimethylaluminum), 갈륨 아세틸아세토네이트(gallium acetylacetonate), 갈륨 클로라이드(gallium chloride), 갈륨 플루오라이드(gallium fluoride), 갈륨 플루오라이드 삼수화물(Gallium fluoride trihydrate), 갈륨 옥사이드(gallium oxide), 갈륨 나이트레이트(gallium nitrate), 갈륨 나이트레이트 수화물(Gallium nitrate hydrate), 갈륨 설페이트(gallium sulfate), 갈륨 옥사이드(Gallium oxide), 갈륨 아이오다이드(Gallium iodide), 트리에틸 갈륨 (Triethyl gallium), 트리메틸 갈륨 (Trimethyl gallium) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 양자점의 제조 방법.

청구항 11

제 6 항에 있어서,

상기 용매는 올레일아민(Oleylamine), 부틸아민(Butylamine), 옥틸아민(Octylamine), 도데실아민(Dodecylamine), 헥사데실아민(Hexadecylamine), 헥실아민(hexylamine), 프로필아민(propylamine), 아닐린(aniline), 벤질아민(benzylamine), 옥타데실아민(octadecylamine) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 양자점의 제조 방법.

청구항 12

제 6 항에 있어서,

상기 아연(Zn)을 포함하는 화합물은 디에틸 아연, 디메틸 아연, 디페닐 아연, 디-*n*-프로필 아연, 디-*n*-부틸 아연, 디이소부틸 아연, 디-*n*-펜틸 아연, 디-*n*-헥실 아연, 디시클로 헥실 아연, 및 이들의 조합들로 이루어진 군 으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 양자점의 제조 방법.

청구항 13

제 6 항에 있어서,

상기 V 족 전구체의 V 족 원소는 비소(As), 질소(N), 인(P) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 양자점의 제조 방법.

청구항 14

제 6 항에 있어서,

상기 V 족 전구체는 디메틸아미노아르신, 아세닉 옥사이드, 아세닉 클로라이드, 아세닉 설페이트, 아세닉 브로 마이드, 아세닉 아이오다이드, 트리스트리메틸실릴아세나이드, 아세닉 삼산화물, 아세닉 실릴아미드, 알킬 포스

핀, 트리스트리알킬실릴 포스핀, 트리스디알킬실릴 포스핀, 트리스디알킬아미노 포스핀, 나이트릭 옥사이드, 나이트릭산, 암모늄 나이트레이트 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것인, 양자점의 제조 방법.

청구항 15

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 따른 양자점을 포함하는, 전자 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 아연이 도핑된 양자점 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 양자점은 수 nm 크기의 반도체 물질로 작은 크기에 의한 양자 구속 효과로 벌크(bulk) 물질과는 다른 독특한 특성을 보인다. 이러한 특성 덕분에 양자점은 차세대 물질로써 광전자 소자(optoelectronic device) 등 다양한 분야에 적용되어 연구되고 있다. 그러나 양자점은 여러 장점에도 불구하고 아직 응용에 한계가 있다. 우선 많은 연구가 진행된 II-VI 및 IV-VI 양자점의 경우 Cd, Pb 등과 같은 독성 중금속이 포함되어 환경적인 문제가 존재하며, 상용화에도 어려움을 겪고 있다. InAs 양자점은 비교적 독성이 적은 원소로 구성되어 있기 때문에 위와 같은 문제에서 자유로우며, 근적외선(Near-Infrared) 영역의 빛을 흡수 및 방출하기 때문에 근적외선 소자에 유망한 물질이다.

[0003] 그러나 양자점을 반도체 소재로 응용하기 위해서는 전기적 특성이 우수해야 하며 전기적 특성을 제어하는 기술 또한 중요하다. 양자점의 전기적 특성을 향상 시키는 연구는 많이 진행되어 왔지만, 산업에서 이용하는 벌크 반도체와는 달리 양자점은 n-type, p-type 특성을 자유롭게 제어하기 어렵다는 문제가 있다. 여러 논문에 따르면 InAs 또한 n-type 성질을 띠는 것으로 보고되고 있지만, 자체적으로 p-type 특성을 나타내는 InAs 양자점은 아직 보고 되지 않았다. n-type과 p-type 특성의 제어가 가능해야 반도체 소재로 응용이 가능하기 때문에 p-type InAs 양자점의 개발은 필수 과정으로 볼 수 있다.

[0004] InAs 양자점에 도핑을 진행하는 논문은 수 차례 보고 되었으며 그 중에서도 Cu 와 Cd 을 이용하여 후속처리 공정을 통해 전기적 특성을 변화시키는 논문도 보고 되었다. 양자점의 도핑 중 후속처리 공정은 양자점의 합성과 도펀트(dopant)의 주입을 별도의 단계로 진행하는 것을 뜻한다. 종래기술의 경우 CuCl_2 와 $\text{Cd}(\text{Oleate})_2$ 를 사용하여 InAs에 도핑을 진행하였다.

[0005] Cu의 격자간 도핑(interstitial doping)은 결정 격자 사이에 도펀트가 들어가는 형태이다. Cu는 InAs 양자점 격자 사이에 들어가 추가적인 전자를 제공하여 n-도펀트로 작용한다. Cd 는 치환형 도핑(substitutional doping)을 통해 InAs 양자점에 도핑된다. 전자 3 개를 제공하는 In과 달리 Cd은 전자 2 개를 제공하기 때문에 정공(hole) 1 개를 제공하여 p-도펀트로 작용하게 된다. n-type이었던 InAs 양자점은 Cu에 의해서 n-type 특성이 강화되고, Cd에 의해서 p-type으로 변화되었다. 이는 Cd 도핑을 통해 p-type InAs 양자점을 얻을 수 있다는 의미 있는 결과였지만, 후속처리 공정을 통한 도핑을 진행하기 때문에 다소 복잡하며 Cd이라는 독성 중금속을 사용하기 때문에 환경 문제도 발생하게 된다.

[0006] 따라서, 독성이 적은 물질을 사용하며 후속처리 공정이 요구되지 않는 p-type 양자점 소재의 개발이 필요한 실정이다.

[0007] 본원의 배경이 되는 기술인 대한민국 공개특허 제10-2018-0108012호는 전이 금속으로 도핑된 양자점 및 이의 제조 방법에 관한 것이다. 상기 특허에서는 전이 금속을 도펀트로 사용하여 양자 구속 효과만을 발휘하여 양자점의 파장대를 변화시키지 않으면서 양자 효율을 증가시키는 것에 대해 언급하고 있으나, 독성이 적은 물질을 사용하며 후속처리 공정이 요구되지 않는 P-type 양자점 소재에 대해서는 언급하고 있지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 독성이 적은 물질인 아연이 도핑된 p 형 반도체 특성을 가지는 양자점을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 또한, 상기 양자점의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 또한, 상기 양자점을 포함하는 전자 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0011] 다만, 본원의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 제 1 측면은 III-V 족 화합물을 포함하는 코어; 및 상기 코어 상에 형성된 리간드; 를 포함하고, 상기 코어는 아연(Zn)이 도핑된 것인, 양자점을 제공한다.
- [0013] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 양자점은 P형 반도체 특성을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0014] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 III-V 족 화합물은 인듐 아세나이드(InAs), 인듐 포스포러스(InP), 인듐 안티모니(InSb), 인듐 니트라이드(InN), 갈륨 포스포러스 (GaP), 갈륨 아세나이드(GaAs), 갈륨 안티모니(GaSb), 갈륨 니트라이드(GaN), 알루미늄 포스포러스 (AlP), 알루미늄 아세나이드(AlAs), 알루미늄 안티모니(AlSb), 알루미늄 니트라이드(AlN), 갈륨 포스포러스 아세나이드(GaPAs), 갈륨 포스포러스 안티모니(GaPSb), 갈륨 포스포러스 니트라이드(GaPN), 갈륨 아세나이드니트라이드(GaAsN), 갈륨 안티모니니트라이드(GaSbN), 알루미늄 포스포러스 아세나이드(AlPAs), 알루미늄 포스포러스 안티모니(AlPSb), 알루미늄 포스포러스 니트라이드(AlPN), 알루미늄 아세나이드니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니니트라이드(AlSbN), 인듐 포스포러스 아세나이드(InPAs), 인듐 포스포러스 안티모니(InPSb), 인듐 포스포러스니트라이드(InPN), 인듐 아세나이드니트라이드(InAsN), 인듐 안티모니 니트라이드(InSbN), 알루미늄 갈륨 포스포러스 (AlGaP), 알루미늄 갈륨 아세나이드(AlGaAs), 알루미늄 갈륨 안티모니(AlGaSb), 알루미늄 갈륨 니트라이드(AlGaN), 알루미늄 아세나이드 니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니 니트라이드(AlSbN), 인듐 갈륨 포스포러스 (InGaP), 인듐 갈륨 아세나이드(InGaAs), 인듐 갈륨 안티모니(InGaSb), 인듐 갈륨 니트라이드(InGaN), 인듐 아세나이드니트라이드(InAsN), 인듐 안티모니 니트라이드(InSbN), 알루미늄 인듐 포스포러스 (AlInP), 알루미늄 인듐 아세나이드(AlInAs), 알루미늄 인듐 안티모니(AlInSb), 알루미늄 인듐 니트라이드(AlInN), 알루미늄 아세나이드 니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니 니트라이드(AlSbN), 알루미늄 포스포러스 니트라이드(AlPN), 갈륨 알루미늄 포스포러스 아세나이드(GaAlPAs), 갈륨 알루미늄 포스포러스 안티모니(GaAlPSb), 갈륨 인듐 포스포러스 아세나이드(GaInPAs), 갈륨 인듐 알루미늄 아세나이드(GaInAlAs), 갈륨 알루미늄 포스포러스 니트라이드(GaAlPN), 갈륨 알루미늄 아세나이드 니트라이드(GaAlAsN), 갈륨 알루미늄 안티모니 니트라이드(GaAlSbN), 갈륨 인듐 포스포러스 니트라이드(GaInPN), 갈륨 인듐 아세나이드 니트라이드(GaInAsN), 갈륨 인듐 알루미늄 니트라이드(GaInAlN), 갈륨 안티모니포스포러스 니트라이드(GaSbPN), 갈륨 아세나이드 포스포러스 니트라이드(GaAsPN), 갈륨 아세나이드안티모니니트라이드(GaAsSbN), 갈륨 인듐 포스포러스 안티모니(GaInPSb), 갈륨 인듐포스포러스 니트라이드(GaInPN), 갈륨 인듐 안티모니 니트라이드(GaInSbN), 갈륨 포스포러스 안티모니 니트라이드(GaPSbN), 인듐 알루미늄 포스포러스 아세나이드(InAlPAs), 인듐 알루미늄 포스포러스 니트라이드(InAlPN), 인듐 포스포러스 아세나이드 니트라이드(InPAsN), 인듐 알루미늄 안티모니 니트라이드(InAlSbN), 인듐 포스포러스 안티모니 니트라이드(InPSbN), 인듐 아세나이드 안티모니 니트라이드(InAsSbN) 및 인듐 알루미늄 포스포러스 안티모니(InAlPSb) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0015] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 리간드는 올레일아민(Oleylamine), 부틸아민(Butylamine), 옥틸아민(Octylamine), 도데실아민(Dodecylamine), 헥사데실아민(Hexadecylamine), 헥실아민(hexylamine), 프로필아민(propylamine), 아닐린(aniline), 벤질아민(benzylamine), 옥타데실아민(octadecylamine) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0016] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 양자점의 직경은 1 nm 내지 9.5 nm 인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0017] 또한, 본원의 제 2 측면은 III 족 전구체 및 용매를 포함하는 용액을 준비하는 단계; 아연(Zn)을 포함하는 화합물을 이용하여 V 족 전구체를 환원시키는 단계; 및 상기 용액 및 상기 환원된 V 족 전구체를 혼합하여 III-V 족

화합물을 제조하는 단계; 를 포함하고, 상기 아연(Zn)이 상기 III-V 족 화합물에 도핑되는 것인, 양자점의 제조 방법을 제공한다.

- [0018] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 혼합하는 단계는 1℃ 내지 350℃ 의 온도범위에서 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0019] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 온도범위에 따라 상기 양자점의 직경이 조절되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0020] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 III 족 전구체의 III 족 원소는 인듐, 알루미늄, 갈륨 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0021] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 III 족 전구체는 인듐 클로라이드(Indium chloride), 인듐 아이오다이드(Indium iodide), 인듐 클로라이드 사수화물(Indium chloride tetrahydrate), 인듐 옥사이드(Indium oxide), 인듐 나이트레이트(Indium nitrate), 인듐 나이트레이트 수화물(Indium nitrate hydrate), 인듐 설페이트(Indium sulfate), 인듐 설페이트 수화물(Indium sulfate hydrate), 인듐 아세테이트(Indium acetate), 인듐 아세틸아세토네이트(Indium acetylacetonate), 인듐 브로마이드(Indium bromide), 인듐 플루오라이드(Indium fluoride), 인듐 플루오라이드 삼수화물(Indium fluoride trihydrate), 트리메틸 인듐 (Trimethyl indium), 인듐 올레이트(Indium oleate), 인듐 카르복실레이트(indium carboxylate), 알루미늄 아세테이트(aluminum acetate), 알루미늄 아이오다이드(aluminum iodide), 알루미늄 브로마이드(aluminum bromide), 알루미늄 클로라이드(aluminum chloride), 알루미늄 클로라이드 육수화물(aluminum chloride hexahydrate), 알루미늄 플루오라이드(aluminum fluoride), 알루미늄 나이트레이트(aluminum nitrate), 알루미늄 옥사이드(aluminum oxide), 알루미늄 퍼클로레이트(aluminum perchlorate), 알루미늄 카바이드(aluminum carbide), 알루미늄 스테아레이트(aluminum stearate), 알루미늄 설페이트(aluminum sulfate), 디-*i*-부틸알루미늄 클로라이드(Di-*i*-butylaluminum chloride), 디에틸알루미늄 클로라이드(Diethylaluminum chloride), 트리-*i*-부틸알루미늄 (Tri-*i*-butylaluminum), 트리에틸알루미늄(Triethylaluminum), 트리에틸(트리-*sec*-부톡시)디알루미늄(Triethyl(tri-*sec*-butoxy)dialuminum), 알루미늄 포스페이트(aluminum phosphate), 알루미늄 아세틸아세토네이트(aluminum acetylacetonate), 트리메틸알루미늄 (Trimethylaluminum), 갈륨 아세틸아세토네이트(gallium acetylacetonate), 갈륨 클로라이드(gallium chloride), 갈륨 플루오라이드(gallium fluoride), 갈륨 플루오라이드 삼수화물(Gallium fluoride trihydrate), 갈륨 옥사이드(gallium oxide), 갈륨 나이트레이트(gallium nitrate), 갈륨 나이트레이트 수화물(Gallium nitrate hydrate), 갈륨 설페이트(gallium sulfate), 갈륨 옥사이드(Gallium oxide), 갈륨 아이오다이드(Gallium iodide), 트리에틸 갈륨 (Triethyl gallium), 트리메틸 갈륨 (Trimethyl gallium) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0022] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 용매는 올레일아민(Oleylamine), 부틸아민(Butylamine), 옥틸아민(Octylamine), 도데실아민(Dodecylamine), 헥사데실아민(Hexadecylamine), 헥실아민(hexylamine), 프로필아민(propylamine), 아닐린(aniline), 벤질아민(benzylamine), 옥타데실아민(octadecylamine) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0023] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 아연(Zn)을 포함하는 화합물은 디에틸 아연, 디메틸 아연, 디페닐 아연, 디-*n*-프로필 아연, 디-*n*-부틸 아연, 디이소부틸 아연, 디-*n*-펜틸 아연, 디-*n*-헥실 아연, 디시클로 헥실 아연, 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0024] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 V 족 전구체의 V 족 원소는 비소(As), 질소(N), 인(P) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0025] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 V 족 전구체는 디메틸아미노아르신, 아세닉 옥사이드, 아세닉 클로라이드, 아세닉 설페이트, 아세닉 브로마이드, 아세닉 아이오다이드, 트리스트리메틸실릴아세나이드, 아세닉 삼산화물, 아세닉 실릴아미드, 알킬 포스핀, 트리스트리알킬실릴 포스핀, 트리스디알킬실릴 포스핀, 트리스디알킬아미노 포스핀, 나이트릭 옥사이드, 나이트릭산, 암모늄 나이트레이트 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 또한, 본원의 제 3 측면은 본원의 제 1 측면에 따른 양자점을 포함하는 전자 소자를 제공한다.
- [0027] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본원을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한

예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 종래의 p-type 양자점은 독성물질인 Cd를 사용하여 환경적인 문제가 발생한다는 단점이 있었던 것과는 달리, 본원에 따른 양자점은 독성이 없는 Zn을 사용하여 제조된 p-type 양자점이므로 환경적인 문제가 발생하지 않을 수 있다.
- [0029] 또한, 종래의 p-type 양자점이 후속처리 공정을 통한 도핑을 진행하기 때문에 다소 복잡한 공정으로 제조된다는 단점이 존재했던 것과는 달리, 본원에 따른 양자점은 후속처리 공정 없이 단 한번의 합성을 통해서 간단하게 제조될 수 있는 장점이 있다.
- [0030] 또한, 본원에 따른 양자점은 Zn의 함량에 따라서 양자점의 도핑 정도를 제어할 수 있으며, 이에 따라 페르미(Fermi) 준위 및 정공 밀도를 제어할 수 있다.
- [0031] 다만, 본원에서 얻을 수 있는 효과는 상기된 바와 같은 효과들로 한정되지 않으며, 또 다른 효과들이 존재할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1의 (A)는 종래의 격자간 도핑(Interstitial doping)된 양자점의 모식도이며, 도 2의 (B)는 종래의 치환형 도핑(Substitutional doping)된 양자점의 모식도이다.
- 도 2는 본원의 일 구현예에 따른 양자점의 p-type 도핑의 모식도이다.
- 도 3은 본원의 일 구현예에 따른 양자점의 모식도이다.
- 도 4는 본원의 일 구현예에 따른 양자점의 제조 방법의 순서도이다.
- 도 5는 본원의 일 실시예에 따른 양자점을 포함하는 TFT의 소자 특성을 측정한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다.
- [0034] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0035] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0036] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에", "상부에", "상단에", "하에", "하부에", "하단에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0037] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0038] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 또한, 본원 명세서 전체에서, "~ 하는 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0039] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0040] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A 또는 B, 또는, A 및 B"를 의미한다.
- [0041] 이하에서는 본원의 양자점 및 이의 제조 방법에 대하여, 구현예 및 실시예와 도면을 참조하여 구체적으로 설명

하도록 한다. 그러나 본원이 이러한 구현에 및 실시예와 도면에 제한되는 것은 아니다.

- [0043] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 제 1 측면은 III-V 족 화합물을 포함하는 코어; 및 상기 코어 상에 형성된 리간드; 를 포함하고, 상기 코어는 아연(Zn)이 도핑된 것인, 양자점을 제공한다.
- [0044] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 양자점은 P형 반도체 특성을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0045] 종래의 p-type 양자점은 독성물질인 Cd를 사용하여 환경적인 문제가 발생한다는 단점이 있었던 것과는 달리, 본원에 따른 양자점은 독성이 없는 Zn을 사용하여 제조된 p-type 양자점이므로 환경적인 문제가 발생하지 않을 수 있다.
- [0046] 또한, 종래의 p-type 양자점이 후속처리 공정을 통한 도핑을 진행하기 때문에 다소 복잡한 공정으로 제조된다는 단점이 존재했던 것과는 달리, 본원에 따른 양자점은 후속처리 공정 없이 단 한번의 합성을 통해서 간단하게 제조될 수 있는 장점이 있다.
- [0047] 또한, 본원에 따른 양자점은 Zn의 함량에 따라서 양자점의 도핑 정도를 제어할 수 있으며, 이에 따라 페르미(Fermi) 준위 및 정공 밀도를 제어할 수 있다.
- [0048] 도 1 의 (A)는 종래의 격자간 도핑(Interstitial doping)된 양자점의 모식도이며, 도 2 의 (B)는 종래의 치환형 도핑(Substitutional doping)된 양자점의 모식도이다.
- [0049] 도 1 의 (A)를 참조하면, Cu의 격자간 도핑이 진행된 것을 확인할 수 있다. 격자간 도핑은 결정 격자 사이에 도펀트가 들어가는 형태이다. Cu는 InAs 양자점 격자 사이에 들어가 추가적인 전자를 제공하여 n-도펀트로 작용한다.
- [0050] 도 1 의 (B)를 참조하면, Cd은 치환형 도핑을 통해 InAs 양자점에 도핑된다. 전자 3 개를 제공하는 In과 달리 Cd은 전자 2 개를 제공하기 때문에 정공(hole) 1 개를 제공하여 p-도펀트로 작용하게 된다.
- [0051] 종래의 InAs 양자점에서는 n-type이었던 InAs 양자점이 Cu에 의해서 n-type 특성이 강화되고, Cd에 의해서 p-type으로 변화되었다. 이는 Cd 도핑을 통해 p-type InAs 양자점을 얻을 수 있다는 의미있는 결과였지만, 후속처리 공정을 통한 도핑을 진행하기 때문에 다소 복잡하며 Cd이라는 독성 중금속을 사용하기 때문에 환경 문제도 발생하게 된다.
- [0052] 반면, 본원에 따른 양자점은 Cd 와 비교하여 비교적 친환경 소재인 Zn을 사용하여 제조된 p-type 양자점이므로 환경 문제가 발생하지 않을 수 있고, 후속처리 공정 없이 단 한번의 합성을 통해서 간단하게 제조될 수 있다는 장점이 있다.
- [0053] 도 2 는 본원의 일 구현예에 따른 양자점의 p-type 도핑의 모식도이다.
- [0054] 도 2 를 참조하면, Zn이 InAs에 치환형 도핑(Substitutional doping)된 것을 확인할 수 있으며, Zn은 Cd과 마찬가지로 전자를 2 개 제공할 수 있기 때문에 In 자리에 치환되어 정공을 1 개 생성하여 p-도펀트 역할을 하는 것을 확인할 수 있다.
- [0055] 도 3 은 본원의 일 구현예에 따른 양자점의 모식도이다.
- [0056] 도 3 을 참조하면, 본원에 따른 양자점은 III-V 족 화합물을 포함하는 코어; 및 상기 코어 상에 형성된 리간드로 구성되어 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0057] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 III-V 족 화합물은 인듐 아세나이드(InAs), 인듐 포스포러스(InP), 인듐 안티모니(InSb), 인듐 니트라이드(InN), 갈륨 포스포러스 (GaP), 갈륨 아세나이드(GaAs), 갈륨 안티모니(GaSb), 갈륨 니트라이드(GaN), 알루미늄 포스포러스 (AlP), 알루미늄 아세나이드(AlAs), 알루미늄 안티모니(AlSb), 알루미늄 니트라이드(AlN), 갈륨 포스포러스 아세나이드(GaPAs), 갈륨 포스포러스 안티모니(GaPSb), 갈륨 포스포러스 니트라이드(GaPN), 갈륨 아세나이드니트라이드(GaAsN), 갈륨 안티모니니트라이드(GaSbN), 알루미늄 포스포러스 아세나이드(AlPAs), 알루미늄 포스포러스 안티모니(AlPSb), 알루미늄 포스포러스 니트라이드(AlPN), 알루미늄 아세나이드니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니니트라이드(AlSbN), 인듐 포스포러스 아세나이드(InPAs), 인듐 포스포러스 안티모니(InPSb), 인듐 포스포러스니트라이드(InPN), 인듐 아세나이드니트라이드(InAsN), 인듐

안티모니 니트라이드(InSbN), 알루미늄 갈륨 포스포러스 (AlGaP), 알루미늄 갈륨 아세나이드(AlGaAs), 알루미늄 갈륨 안티모니(AlGaSb), 알루미늄 갈륨 니트라이드(AlGaN), 알루미늄 아세나이드 니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니 니트라이드(AlSbN), 인듐 갈륨 포스포러스 (InGaP), 인듐 갈륨 아세나이드(InGaAs), 인듐 갈륨 안티모니(InGaSb), 인듐 갈륨 니트라이드(InGaN), 인듐 아세나이드니트라이드(InAsN), 인듐 안티모니 니트라이드(InSbN), 알루미늄 인듐 포스포러스 (AlInP), 알루미늄 인듐 아세나이드(AlInAs), 알루미늄 인듐 안티모니(AlInSb), 알루미늄 인듐 니트라이드(AlInN), 알루미늄 아세나이드 니트라이드(AlAsN), 알루미늄 안티모니 니트라이드(AlSbN), 알루미늄 포스포러스 니트라이드(AlPN), 갈륨 알루미늄 포스포러스 아세나이드(GaAlPAs), 갈륨 알루미늄 포스포러스 안티모니(GaAlPSb), 갈륨 인듐 포스포러스 아세나이드(GaInPAs), 갈륨 인듐 알루미늄 아세나이드(GaInAlAs), 갈륨 알루미늄 포스포러스 니트라이드(GaAlPN), 갈륨 알루미늄 아세나이드 니트라이드(GaAlAsN), 갈륨 알루미늄 안티모니 니트라이드(GaAlSbN), 갈륨 인듐 포스포러스 니트라이드(GaInPN), 갈륨 인듐 아세나이드 니트라이드(GaInAsN), 갈륨 인듐 알루미늄 니트라이드(GaInAlN), 갈륨 안티모니포스포러스 니트라이드(GaSbPN), 갈륨 아세나이드 포스포러스 니트라이드(GaAsPN), 갈륨 아세나이드안티모니니트라이드(GaAsSbN), 갈륨 인듐 포스포러스 안티모니(GaInPSb), 갈륨 인듐포스포러스 니트라이드(GaInPN), 갈륨 인듐 안티모니 니트라이드(GaInSbN), 갈륨 포스포러스 안티모니 니트라이드(GaPSbN), 인듐 알루미늄 포스포러스 아세나이드(InAlPAs), 인듐 알루미늄 포스포러스 니트라이드(InAlPN), 인듐 포스포러스 아세나이드 니트라이드(InPAsN), 인듐 알루미늄 안티모니 니트라이드(InAlSbN), 인듐 포스포러스 안티모니 니트라이드(InPSbN), 인듐 아세나이드 안티모니 니트라이드(InAsSbN) 및 인듐 알루미늄 포스포러스 안티모니(InAlPSb) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0058] 예를 들어, 상기 III-V 족 화합물은 인듐 아세나이드(InAs)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0059] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 리간드는 올레일아민(Oleylamine), 부틸아민(Butylamine), 옥틸아민(Octylamine), 도데실아민(Dodecylamine), 헥사데실아민(Hexadecylamine), 헥실아민(hexylamine), 프로필아민(propylamine), 아닐린(aniline), 벤질아민(benzylamine), 옥타데실아민(octadecylamine) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0060] 예를 들어, 상기 리간드는 올레일아민일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0061] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 양자점의 직경은 1 nm 내지 9.5 nm 인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0062] 본원에 따른 양자점은 약 1 nm 내지 9.5 nm 의 범위에서 균일한 크기를 가지도록 조절될 수 있으므로, 솔라셀(태양전지), 발광 다이오드와 같은 광전 변환 소자, 차세대 고효율 LED, 바이오 센서, 레이저 등 다양한 분야에 산업적으로 유용하게 활용될 수 있다.

[0063] 또한, 본원에 따른 양자점은 균일한 입도 분포를 가지는 특성을 보유하면서도, 표면 결함이 제거되어 우수한 전기적, 광학적 특성을 보유하므로 솔라셀(태양전지), 발광 다이오드와 같은 광전 변환 소자, 차세대 고효율 LED, 바이오 센서, 레이저 등 다양한 분야의 전자 소자에 유용하게 활용될 수 있다.

[0065] 또한, 본원의 제 2 측면은 III 족 전구체 및 용매를 포함하는 용액을 준비하는 단계; 아연(Zn)을 포함하는 화합물을 이용하여 V 족 전구체를 환원시키는 단계; 및 상기 용액 및 상기 환원된 V 족 전구체를 혼합하여 III-V 족 화합물을 제조하는 단계; 를 포함하고, 상기 아연(Zn)이 상기 III-V 족 화합물에 도핑되는 것인, 양자점의 제조 방법을 제공한다.

[0066] 본원의 제 2 측면의 상기 양자점의 제조 방법에 대하여, 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 그 설명이 생략되었더라도 본원의 제 1 측면에 기재된 내용은 본원의 제 3 측면에 동일하게 적용될 수 있다.

[0067] 도 4 는 본원의 일 구현예에 따른 양자점의 제조 방법의 순서도이다.

[0068] 먼저, III 족 전구체 및 용매를 포함하는 용액을 준비한다 (S100)

[0069] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 III 족 전구체의 III 족 원소는 인듐, 알루미늄, 갈륨 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0070] 예를 들어, 상기 III 족 전구체의 III 족 원소는 인듐일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

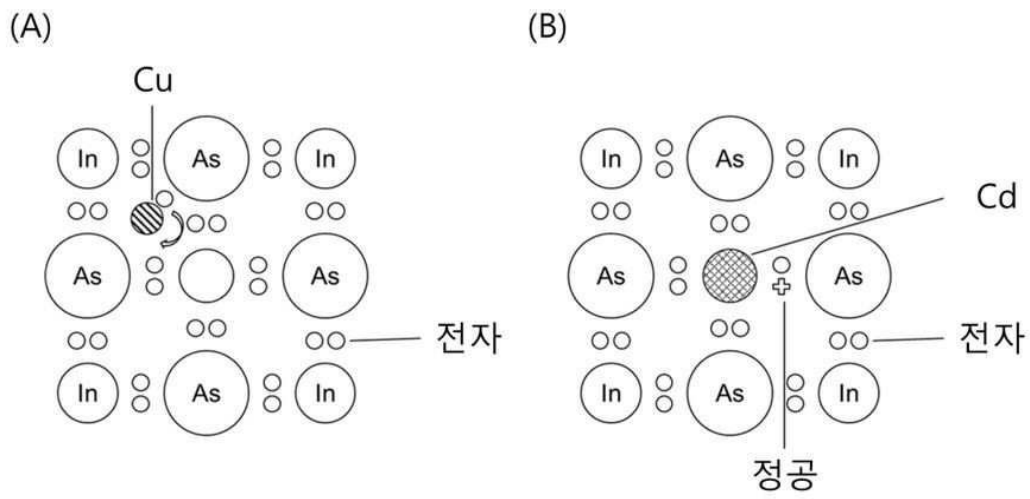
- [0071] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 III 족 전구체는 인듐 클로라이드(Indium chloride), 인듐 아이오다이드(Indium iodide), 인듐 클로라이드 사수화물(Indium chloride tetrahydrate), 인듐 옥사이드(Indium oxide), 인듐 나이트레이트(Indium nitrate), 인듐 나이트레이트 수화물(Indium nitrate hydrate), 인듐 설페이트(Indium sulfate), 인듐 설페이트 수화물(Indium sulfate hydrate), 인듐 아세테이트(Indium acetate), 인듐 아세틸아세토네이트(Indium acetylacetonate), 인듐 브로마이드(Indium bromide), 인듐 플루오라이드(Indium fluoride), 인듐 플루오라이드 삼수화물(Indium fluoride trihydrate), 트리메틸 인듐 (Trimethyl indium), 인듐 올레이트(Indium oleate), 인듐 카르복실레이트(indium carboxylate), 알루미늄 아세테이트(aluminum acetate), 알루미늄 아이오다이드(aluminum iodide), 알루미늄 브로마이드(aluminum bromide), 알루미늄 클로라이드(aluminum chloride), 알루미늄 클로라이드 육수화물(aluminum chloride hexahydrate), 알루미늄 플루오라이드(aluminum fluoride), 알루미늄 나이트레이트(aluminum nitrate), 알루미늄 옥사이드(aluminum oxide), 알루미늄 퍼클로레이트(aluminum perchlorate), 알루미늄 카바이드(aluminum carbide), 알루미늄 스테아레이트(aluminum stearate), 알루미늄 설페이트(aluminum sulfate), 디-*i*-부틸알루미늄 클로라이드(Di-*i*-butylaluminum chloride), 디에틸알루미늄 클로라이드(Diethylaluminum chloride), 트리-*i*-부틸알루미늄 (Tri-*i*-butylaluminum), 트리에틸알루미늄(Triethylaluminum), 트리에틸(트리-*sec*-부톡시)디알루미늄 (Triethyl(tri-*sec*-butoxy)dialuminum), 알루미늄 포스페이트(aluminum phosphate), 알루미늄 아세틸아세토네이트(aluminum acetylacetonate), 트리메틸알루미늄 (Trimethylaluminum), 갈륨 아세틸아세토네이트(gallium acetylacetonate), 갈륨 클로라이드(gallium chloride), 갈륨 플루오라이드(gallium fluoride), 갈륨 플루오라이드 삼수화물(Gallium fluoride trihydrate), 갈륨 옥사이드(gallium oxide), 갈륨 나이트레이트(gallium nitrate), 갈륨 나이트레이트 수화물(Gallium nitrate hydrate), 갈륨 설페이트(gallium sulfate), 갈륨 옥사이드(Gallium oxide), 갈륨 아이오다이드(Gallium iodide), 트리에틸 갈륨 (Triethyl gallium), 트리메틸 갈륨 (Trimethyl gallium) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0072] 예를 들어, 상기 III 족 전구체는 인듐 클로라이드(Indium chloride)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0073] 인듐 클로라이드는 인듐 할라이드 전구체 중에서 비교적 가격이 저렴하고 취급이 용이하므로 상기 III 족 전구체로 사용하는 경우, 제조 비용을 낮출 수 있다.
- [0074] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 용매는 올레일아민(Oleylamine), 부틸아민(Butylamine), 옥틸아민(Octylamine), 도데실아민(Dodecylamine), 헥사데실아민(Hexadecylamine), 헥실아민(hexylamine), 프로필아민(propylamine), 아닐린(aniline), 벤질아민(benzylamine), 옥타데실아민(octadecylamine) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0075] 예를 들어, 상기 용매는 올레일아민(Oleylamine)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0076] 2 차 아민 및 3 차 아민의 경우 전구체 합성이 불가하므로, 상기 용매는 1 차 아민을 포함한다. 1 차 아민 중 올레인아민의 경우, 가장 높은 끓는점을 가지므로 온도를 다양하게 조절할 수 있다.
- [0077] 이어서, 아연(Zn)을 포함하는 화합물을 이용하여 V 족 전구체를 환원시킨다(S200).
- [0078] 종래의 III-V 양자점의 제조 방법의 경우, 반응성이 낮은 V 족 화합물을 환원하기 위해 환원력이 강한 환원제가 사용되므로 높은 반응성으로 인하여 중간 단계를 제어하거나 충분한 크기로 성장시키기가 어렵다는 문제점이 있었으나, 본원에 따른 양자점의 제조 방법은 비교적 반응성이 낮은 아연을 포함하는 화합물을 이용해 리간드 교환반응을 거쳐 반응성이 제어된 신규한 중간체(환원된 V 족 전구체)를 합성하여 양자점 합성의 중간 단계를 제어할 수 있다. 따라서, 온도범위에 따라 III-V 양자점의 크기를 안정적으로 조절하여 균일하고 충분한 크기로 성장시킬 수 있다.
- [0079] 예를 들어, 상기 화합물의 알킬기는, 후술할 바, V 족 전구체인 디메틸아미노아르신의 아민-V 결합을 대체하며 V 족 화합물을 환원시켜 아르신(arsine)의 반응성을 향상시켜 반응에 참여 할 수 있도록 유도한다. 환원된 아르신(arsine)의 경우 다양한 형태로 사용이 가능하며 반응 전구체로 직접 사용되거나 기 합성된 양자점의 성장을 위한 전구체로 모두 사용될 수 있다.
- [0080] 본원에 따른 양자점의 제조 방법은 아연을 포함하는 환원제를 이용함으로써, 상기 아연이 양자점 표면의 결함을 제거하고 안정화시킬 수 있다. 따라서, 표면 결함이 제거되어 전기적, 광학적 특성이 향상된 양자점을 제조할 수 있다. 또한, 상기 아연(Zn)이 상기 III-V 족 화합물에 치환형 도핑(Substitutional doping) 되어 p-dopant 역할을 할 수 있다.

- [0081] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 아연(Zn)을 포함하는 화합물은 디에틸 아연, 디메틸 아연, 디페닐 아연, 디-n-프로필 아연, 디-n-부틸 아연, 디이소부틸 아연, 디-n-펜틸 아연, 디-n-헥실 아연, 디시클로 헥실 아연, 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0082] 예를 들어, 상기 화합물은 디에틸 아연일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0083] 디에틸 아연은 비교적 가격이 저렴하고 수급이 용이하므로 상기 화합물로 사용하는 경우, 편의성 및 경제성이 우수할 수 있다.
- [0084] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 V 족 전구체의 V 족 원소는 비소(As), 질소(N), 인(P) 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0085] 예를 들어, 상기 V 족 전구체의 V 족 원소는 비소(As)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0086] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 V 족 전구체는 디메틸아미노아르신, 아세닉 옥사이드, 아세닉 클로라이드, 아세닉 설페이트, 아세닉 브로마이드, 아세닉 아이오다이드, 트리스트리메틸실릴아세나이드, 아세닉 삼산화물, 아세닉 실릴아미드, 알킬 포스핀, 트리스트리알킬실릴 포스핀, 트리스디알킬실릴 포스핀, 트리스디알킬아미노 포스핀, 나이트릭 옥사이드, 나이트릭산, 암모늄 나이트레이트 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0087] 예를 들어, 상기 V 족 전구체는 디메틸아미노아르신일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0088] 상기 디메틸아미노아르신의 경우, 반응성이 낮은 화합물로 알려져 있다. 따라서, 환원하기 위해 환원력이 강한 환원제가 사용되므로 높은 반응성으로 인하여 중간 단계를 제어하거나 충분한 크기로 성장시키기가 어렵다는 문제점이 있었다.
- [0089] 예를 들어, 본원에 따른 양자점의 제조 방법은 디에틸 아연의 알킬기가 디메틸아미노아르신의 아민-V 결합을 대체하며 디메틸아미노아르신을 환원시켜 아르신(arsine)의 반응성을 향상시켜 반응에 참여 할 수 있도록 유도한다. 환원된 아르신(arsine)의 경우 다양한 형태로 사용이 가능하며 반응 전구체로 직접 사용되거나 기 합성된 양자점의 성장을 위한 전구체로 모두 사용될 수 있다.
- [0090] 이어서, 용액 및 환원된 V 족 전구체를 혼합하여 III-V 족 화합물을 제조한다(S300).
- [0091] 상술하였듯이, 종래의 p-형 반도체 특성을 가지는 양자점의 제조 방법은 독성 물질인 Cd를 이용하여 제조되어 환경적인 문제가 존재하였고, 후속처리 공정을 수행해야 하므로 제조 공정이 복잡하다는 단점이 있었다.
- [0092] 그러나, 본원의 양자점의 제조 방법은 상기 V 족 전구체를 환원시키는 단계(S200)에서 사용된 아연을 포함하는 화합물의 아연(Zn)이 상기 III-V 족 화합물에 치환형 도핑되어 p-도펀트 역할을 할 수 있다. 따라서, 독성 물질을 사용하지 않으며, 후속처리 공정이 요구되지않는 간단한 공정을 통해 p 형 반도체 특성을 가지는 양자점을 제조할 수 있다.
- [0093] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 혼합하는 단계는 1℃ 내지 350℃ 의 온도범위에서 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0094] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 온도범위에 따라 상기 양자점의 직경이 조절되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0095] 상기 용액 및 상기 환원된 V 족 전구체를 혼합하여 III-V 족 화합물을 제조하는 단계(S300)는 상기 용액 및 상기 반응성이 제어된 신규한 중간체(환원된 V 족 전구체)를 혼합하는 단계 및 양자점을 제조하기 위해 반응시키는 단계를 포함한다. 예를 들어, 상기 혼합 단계는 상온에서 수행될 수 있다. 혼합 후 반응 단계가 약 160℃ 에서 수행되는 경우 직경이 약 1.6 nm 인 양자점을 제조할 수 있고, 상기 반응 단계가 약 200℃ 에서 수행되는 경우, 직경이 약 2.0 nm 인 양자점을 제조할 수 있으며, 상기 반응 단계가 약 240℃ 에서 수행되는 경우, 직경이 약 2.4 nm 인 양자점을 제조할 수 있다.
- [0096] 또한, 본원에 따른 양자점의 제조 방법은 양자점 합성의 중간 단계를 제어할 수 있으므로 합성 방법을 다변화할 수 있다.
- [0097] 따라서, 본원에 따른 양자점의 제조 방법은 한 가지 합성 방법에 제한되지 않고, 기존의 합성 방법으로 알려진 슬로우 인젝션(slow injection), 핫 인젝션(hot injection), 핫 업(heat up) 등의 방법에 모두 적용이 가능하다.

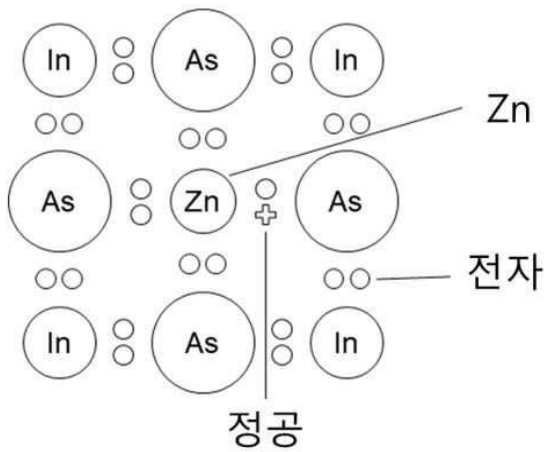
- [0099] 또한, 본원의 제 3 측면은 본원의 제 1 측면에 따른 양자점을 포함하는 전자 소자를 제공한다.
- [0100] 본원의 제 3 측면의 상기 전자 소자에 대하여, 본원의 제 1 측면 및/또는 제 2 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 그 설명이 생략되었다더라도 본원의 제 1 측면 및/또는 제 2 측면에 기재된 내용은 본원의 제 3 측면에 동일하게 적용될 수 있다.
- [0101] 본원에 따른 양자점은 균일한 입도 분포를 가지는 특성을 보유하면서도, 표면 결함이 제거되어 우수한 전기적, 광학적 특성을 보유하므로 솔라셀(태양전지), 발광 다이오드와 같은 광전 변환 소자, 차세대 고효율 LED, 바이오 센서, 레이저 등 다양한 분야의 전자 소자에 유용하게 활용될 수 있다.
- [0103] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본원을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.
- [0104] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명하고자 하나, 하기의 실시예는 단지 설명의 목적을 위한 것이며 본원의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.
- [0106] [실시예] 양자점(인듐 아세나이드(InAs))의 제조
- [0107] 인듐 클로라이드(Indium chloride) 0.5 mmol 및 올레일아민(Oleylamine) 8mL을 120℃ 에서 반응시켜 인듐 올레이트 전구체를 포함하는 용액을 형성하였다.
- [0108] 이어서, 올레일아민 0.7 ml, 디메틸아미노아르신 0.3 mmol 및 디에틸 아연 0.6 mmol 을 240℃ 에서 10 분 내지 60 분 동안 반응시켜 디메틸아미노아르신을 환원시켜 중간체를 합성하였다.
- [0109] 이어서, 상기 용액 및 상기 환원된 디메틸아미노아르신(중간체)을 혼합하고, 열을 가하여 p 형 반도체 특성을 가지는 아연이 도핑된 InAs 양자점을 제조하였다.
- [0111] [실험예 1]
- [0112] 상기 실시예에서 제조한 양자점을 이용하여 TFT(thin film transistor)를 제조하였다. 상기 TFT는 p++ Si, SiO₂ 로 구성된 wafer에 Cr과 Au를 증착하여 기판을 제작하였다. 여기에 스핀코팅(spin-coating)을 통해 실시예에 따른 양자점 박막을 형성한다.
- [0113] 도 5 는 본원의 일 실시예에 따른 양자점을 포함하는 TFT의 소자 특성을 측정한 그래프이다.
- [0114] 도 5 를 참조하면, TFT 소자를 측정한 결과 p-type 특성을 뚜렷하게 보이는 것을 확인할 수 있다.
- [0116] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0117] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

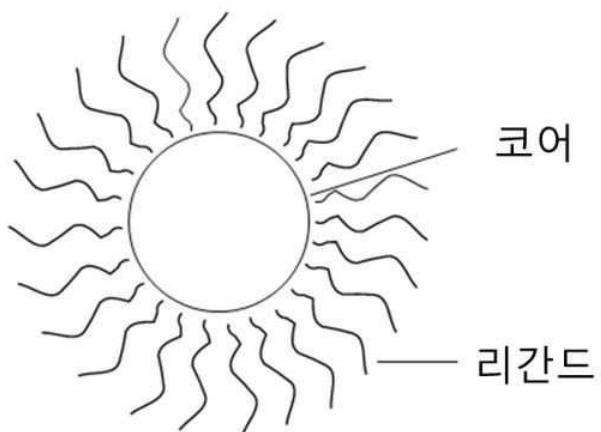
도면1



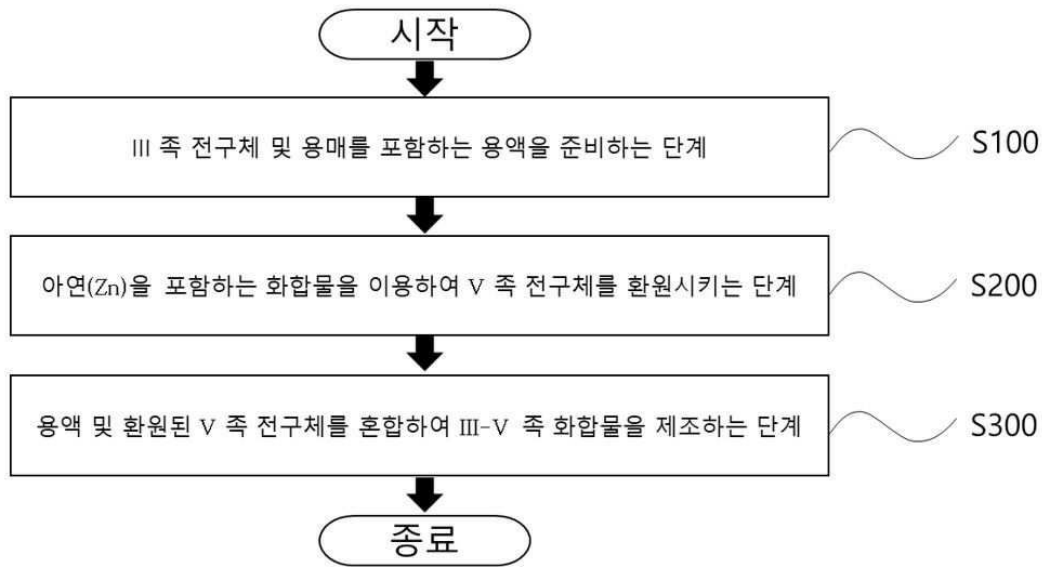
도면2



도면3



도면4



도면5

