



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0024425
 (43) 공개일자 2010년03월05일

- | | |
|---|---|
| (51) Int. Cl.
C08K 7/00 (2006.01) C30B 29/60 (2006.01)
B82B 1/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7026552
(22) 출원일자 2008년06월18일
심사청구일자 2010년01월06일
(85) 번역문제출일자 2009년12월18일
(86) 국제출원번호 PCT/US2008/007612
(87) 국제공개번호 WO 2009/020495
국제공개일자 2009년02월12일
(30) 우선권주장
11/820,294 2007년06월18일 미국(US)
11/981,871 2007년10월31일 미국(US) | (71) 출원인
헬리오볼트 코오퍼레이션
미합중국 텍사스 78744 오스틴 스위트 600 이스트 리버사이드 드라이브 8201
(72) 발명자
스탠베리 빌리 제이.
미국 텍사스 78744-1604 오스틴 스위트 600 이스트 리버사이드 드라이브 8201
(74) 대리인
박장원 |
|---|---|

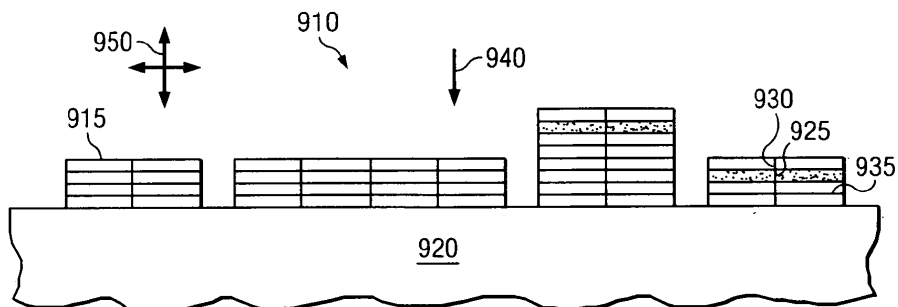
전체 청구항 수 : 총 49 항

(54) 이방성 나노입자의 조립체

(57) 요약

본 발명은 다수의 이방성 나노입자를 조립하기 위한 방법과 조립물에 대하여 개시한다. 방법은 다수의 이방성 나노입자를 조립하는 단계에 의해 실질적인 조밀 충전 층을 형성하는 단계를 포함하며, 다수의 이방성 나노입자 각각은 a) 제2 치수 및 제3 치수 모두와는 실질적으로 다른 제1 치수와 b) 제1 방향과 실질적으로 정렬된 정형적인 나노입자 결정학적 방위를 가지며, 조립하는 단계는, 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면에 실질적으로 수직인 방향을 가지는 비국소성 힘을 인가하고, 이방성 나노입자가 반응하게 되는 변동력을 인가함으로써, 다수의 이방성 나노입자를 기계적으로 상호작용시키는 단계를 포함하고, 인가된 힘의 크기의 변동은, 실질적으로 중복되지 않은 이방성 나노입자에 대하여 다수의 이방성 나노입자의 요소들 사이의 단범위 약인력을 극복하기 충분하다. 다수의 이방성 나노입자는 실질적인 조밀 충전 층을 형성하도록 서로에 대해 실질적으로 정렬되고, 실질적인 조밀 충전 층은 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면과 실질적으로 정렬된 정형적인 공통 결정학적 방위를 가진다. 조립물은 서로 물리적 접촉하는 다수의 이방성 나노입자를 포함하며, 다수의 이방성 나노입자 각각은 a) 제2 치수 및 제3 치수와는 실질적으로 다른 제1 치수와, b) 제1 방향과 실질적으로 정렬된 정형적인 나노입자 결정학적 방위를 가진다. 다수의 이방성 나노입자는 실질적인 조밀 충전 층을 형성하도록 서로에 대해 실질적으로 정렬되며, 실질적인 조밀 충전 층은 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면과 실질적으로 정렬된 정형적인 공통 결정학적 방위를 가진다.

대표도 - 도9



특허청구의 범위

청구항 1

서로 물리적 접촉하는 다수의 이방성 나노입자를 포함하며,

다수의 이방성 나노입자 각각은 a) 제2 치수 및 제3 치수와는 실질적으로 다른 제1 치수와, b) 제1 방향과 실질적으로 정렬된 정형적인 나노입자 결정학적 방위를 가지며,

다수의 이방성 나노입자는 실질적인 조밀 충전 층을 형성하도록 서로에 대해 실질적으로 정렬되며, 실질적인 조밀 충전 층은 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면과 실질적으로 정렬된 정형적인 공통 결정학적 방위를 가지는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 2

제1항에 있어서,

실질적인 조밀 충전 층은 충전율이 최대 충전율의 적어도 10% 이내인 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 3

제1항에 있어서,

다수의 이방성 입자에 결합된 다수의 등방성 나노입자를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 4

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은, a) 대략 0.20 미만의 종횡비를 가지고 b) 기저 면에 실질적으로 평행한 주 평면(principle plane)을 구비하는 판상체를 형성하는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 5

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자는 이방성 나노입자의 제1 집합체와 이방성 나노입자의 제2 집합체를 포함하며,

이방성 나노입자의 제1 집합체와 이방성 나노입자의 제2 집합체는, 주 평면 형상, 부 평면 프로파일, 불순물 존재, 정전기 가장자리 전하, 정전기 표면 전하, 가장자리 산도(acidity), 표면 산도, 가장자리 친수성 및 표면 친수성으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 상태 변수가 서로 다른 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 6

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자는, 1차원 병진 주기를 가지는 규칙성과, 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면의 법선에 대해 8회, 10회 및 12회 회전 대칭성으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 회전 대칭성을 가지도록 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 7

제6항에 있어서,

회전 대칭성은 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면의 법선에 대해 10회 회전 대칭성이고, 1차원 병진 주기는 기저 면에 수직이고, 다수의 이방성 나노입자는 대략 5 나노미터의 실질적으로 배수인 크기로 기저 공간 위치에 대하여 규칙화되어 있는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 8

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자는, 3차원 병진 주기를 가지는 규칙성과, 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면의 법선에 대

해 4회 및 6회 회전 대칭성으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 회전 대칭성을 가지도록 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 9

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 $(\text{In,Ga})_y(\text{S,Se})_{1-y}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 10

제9항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 육각형 붕 나노입자를 형성하는 안정 섬유아연석(wurtzite) 구조의 In_2Se_3 를 포함하는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 11

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 $\text{Cu}_x(\text{Se})_{1-x}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 12

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 $\text{Cu}(\text{In,Ga})_y(\text{S,Se})_{1-y}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 13

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자는 불순물을 포함하고, 실질적인 조밀 층진 층에 대한 체적 농도로서의 평균 불순물 농도와는 다른 25% 이하의 체적 농도로서의 국소 불순물 농도를 가지는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 14

제13항에 있어서,

국소 불순물 농도는 단위 체적당 나트륨인 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 15

제1항에 있어서,

실질적인 층진 조밀 층에 결합된 기관을 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 16

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자는 융합되어 있는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 17

제1항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자는 결정화되어 있는 것을 특징으로 하는 조립물.

청구항 18

다수의 이방성 나노입자를 조립하는 단계에 의하여 실질적인 조밀 층진 층을 형성하는 단계를 포함하는 방법으로서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 a) 제2 치수 및 제3 치수와는 실질적으로 다른 제1 치수와 b) 제1 방향과 실질적으로 정렬된 정형적인 나노입자 결정학적 방위를 가지며,

조립하는 단계는,

실질적인 조밀 충전 층의 기저 면에 실질적으로 수직인 방향을 가지는 비국소성 힘을 인가하는 단계와,

이방성 나노입자가 반응하게 되는 변동력을 인가하는 단계에 의하여,

다수의 이방성 나노입자를 기계적으로 상호작용시키는 단계를 포함하며,

인가된 힘의 크기의 변동은, 실질적으로 중복되지 않은 이방성 나노입자에 대하여 다수의 이방성 나노입자의 요소들 사이의 단범위 약인력(short range weak attractive force)을 극복하기 충분하고,

다수의 이방성 나노입자는 실질적인 조밀 충전 층을 형성하도록 서로에 대해 실질적으로 정렬되고, 실질적인 조밀 충전 층은 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면과 실질적으로 정렬된 정형적인 공통 결정학적 방위를 가지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

실질적인 조밀 충전 층은 충전율이 최대 충전율의 적어도 10% 이내인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제18항에 있어서,

비국소성 힘은 중력, 자력, 정전기력 및 전자기력으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 힘을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

제18항에 있어서,

정형적인 공통 결정학적 방위를 안정화시키는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

제21항에 있어서,

안정화시키는 단계는 다수의 이방성 나노입자를 융합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 23

제21항에 있어서,

안정화시키는 단계는 실질적인 조밀 충전 층의 화학 조성을 변경시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

변경시키는 단계는 용제를 증발시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

제21항에 있어서,

안정화시키는 단계는 헬름홀츠 이중 층을 형성함으로써 실질적인 조밀 충전 층 내의 국소 이온 농도를 변경시키는 단계를 포함하며,

실질적인 조밀 충전 층은 헬름홀츠 이중 층의 한 층에 위치하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

제23항에 있어서,
다수의 이방성 나노입자는 극성 결정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제21항에 있어서,
안정화시키는 단계는 실질적인 조밀 충전 층에 결합된 매질의 조성을 변경시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

제21항에 있어서,
안정화시키는 단계는 실질적인 조밀 충전 층에 결합된 매질의 pH를 변경시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

제18항에 있어서,
단범위 약인력은 반 데어 발스 인력을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 30

제18항에 있어서,
변동력을 인가하는 단계는, 전기, 자기, 정전기, 전자기, 초음파, 음파 및 화학선으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 활성화 에너지원으로 다수의 이방성 나노입자를 여기시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 31

제18항에 있어서,
다수의 이방성 입자에 결합된 다수의 등방성 나노입자를 제공하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 32

제18항에 있어서,
다수의 이방성 나노입자 각각은, a) 대략 0.20 미만의 종횡비와 b) 기저 면에 실질적으로 평행한 주 평면을 가지는 판상체를 형성하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 33

제18항에 있어서,
다수의 이방성 나노입자는 이방성 나노입자의 제1 집합체와 이방성 나노입자의 제2 집합체를 포함하며,
이방성 나노입자의 제1 집합체와 이방성 나노입자의 제2 집합체는, 주 평면 형상, 부 평면 프로파일, 불순물 존재, 정전기 가장자리 전하, 정전기 표면 전하, 가장자리 산도, 표면 산도, 가장자리 친수성 및 표면 친수성으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 상태 변수가 서로 다른 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 34

제18항에 있어서,
조립하는 단계는, 1차원 병진 주기를 가지는 규칙성과, 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면의 법선에 대해 8회, 10회 및 12회 회전 대칭성으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 회전 대칭성을 가지도록, 다수의 이방성 나노입자

를 배열하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 35

제18항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자를 배열하는 단계는 기저 면의 법선에 대해 10회 회전 대칭성을 가지도록 다수의 이방성 나노입자를 배열하는 단계를 포함하며, 다수의 이방성 나노입자는 대략 5 나노미터의 실질적으로 배수인 크기로 기저 공간 위치에 대하여 규칙화되어 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 36

제18항에 있어서,

조립하는 단계는, 3차원 병진 주기를 가지는 규칙성과, 실질적인 조밀 층진 층의 기저 면의 법선에 대해 4회 및 6회 회전 대칭성으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 회전 대칭성을 가지도록, 다수의 이방성 나노입자를 배열하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 37

제18항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 $(\text{In,Ga})_y(\text{S,Se})_{1-y}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 38

제37항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 육각형 봉 나노입자를 형성하는 안정 섬유아연석 구조의 In_2Se_3 를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 39

제18항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 $\text{Cu}_x(\text{Se})_{1-x}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 40

제18항에 있어서,

다수의 이방성 나노입자 각각은 $\text{Cu}(\text{In,Ga})_y(\text{S,Se})_{1-y}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 41

제18항에 있어서,

조립하는 단계는, 실질적인 조밀 층진 층에 대한 체적 농도로서의 평균 불순물 농도와는 다른 25% 이하의 체적 농도로서의 국소 불순물 농도를 가지도록, 다수의 이방성 나노입자를 배열하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 42

제41항에 있어서,

국소 불순물 농도는 단위 체적당 나트륨인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 43

제18항에 있어서,

실질적인 조밀 층진 층을 융합하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 44

제18항에 있어서,
실질적인 조밀 층진 층을 재결정시키는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 45

제18항에 있어서,
실질적인 조밀 층진 층을 화학 반응물과 화학 반응시키는 단계를 또한 포함하며, 화학 반응에 의해 화학 생성물을 제조하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 46

제45항에 있어서,
화학 반응에 의하여 실질적인 조밀 층진 층의 토포택시 성장을 일으키는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 47

제45항에 있어서,
화학 반응시키는 단계는, 실질적인 조밀 층진 층, 화학 반응물 및 화학 생성물로부터 증기가 배출되는 것을 실질적으로 방지하기에 충분한 압력을 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 48

제45항에 있어서,
실질적인 조밀 층진 층, 화학 반응물 및 화학 생성물에 걸쳐서 진계를 생성하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 49

제48항에 있어서,
화학 생성물은 $Cu(In,Ga)_y(S,Se)_{1-y}$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시 형태는 일반적으로 이방성 나노입자의 조립체의 분야에 관한 것이다. 본 발명의 실시 형태들 중 일부는 고도로 정렬된 이방성 나노입자의 조립체의 분야에 관한 것이다. 본 발명의 실시 형태들 중 일부는 불순물이 분포된 이방성 나노입자의 조립체에 관한 것이다. 더욱 구체적으로는, 본 발명의 실시 형태들 중 일부는, 고도로 정렬되고 불순물이 분포된 이방성 나노입자를 포함하는 조립체(composition of matter)과, 고도로 정렬되고 불순물이 분포된 이방성 나노입자를 포함하는 구조체를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 토포택시(topotaxy)는 재료 과학 분야의 기술자에게 공지되어 있다. '토포택시'라는 용어는 로트게링(Lotgering)과 고티(Gortler)에 의해 "초기 생성물(initial product) 내의 결정 방위와 상호 관련성이 있는 결정 방위를 가진 물질을 생성하는 모든 화학적 고상 반응"을 포함하도록 정의되었다.

[0003] 이 기술과 관련된 문제에 의하면, 치수가 큰 물질 형태는 그에 상응하는 대형 초기 생성물을 필요로 한다. 전술한 문제를 해결하기 위한 시도로서, 바람직하지 않은 한 방법은 초기 생성물로서 단결정의 사용을 포함한다. 그러나 이러한 방법의 단점은, 관심의 대상인 소정 물질에 대하여, 격자 파라미터가 적절하고 크기와 형상도 바람직한 단결정 초기 생성물을 입수하는 것이 가능하지 않을 수도 있다는 것이다. 이 방법의 또 다른 단점은, 적절한 크기와 형상의 단결정 초기 생성물이 입수 가능하더라도, 화학 반응물로서 사용하기에는 상당히 고가일 수도 있다는 점이다. 따라서, 필요한 격자 파라미터를 가질 뿐만 아니라 크기와 형상도 적절한 초기 생성물을 제공할

는 해결안이 필요하다. 또한, 비용 효율적으로 전술한 요건을 만족하는 해결안이 필요하다.

[0004] 한편, 재료 과학 분야에서는 화학 반응을 촉진하기 위하여 불순물을 이용하는 것이 공지되어 있다. 또한, 불순물은 대부분의 반도체 소자에서와 같이 최종 제품 내에 바람직할 수도 있다. 불순물의 영향의 특성과 정도는 그 농도, 위치 및 주성분 물질(host material)과의 상호 작용에 의존한다.

[0005] 이 기술의 문제점에 의하면, 적정 농도로 적정 위치에 (예를 들면, 반응물/반응 전체에 걸쳐서 균일하게) 유익한 불순물을 제공하는 것은 어렵고 그리고/또는 고비용일 수 있다. 예를 들면, 이온 주입은 공간적으로 정확하고 정밀하지만 상당한 비용이 든다. 이 기술과 관련된 또 다른 단점은, 불순물이 확산할 수 있고 그에 따라 특히 액상 및/또는 기상 반응에 있어서 농도와 위치 문제를 악화시킨다는 것이다. 따라서, 정확한 위치에 정밀한 농도로 유익한 불순물을 제공하는 해결안이 필요하다. 또한, 바람직하지 않은 확산에 저항성이 있는 유익한 불순물의 도입 방법을 제공하는 방안이 필요하다.

[0006] 종래에는, 1) 필요한 크기, 형상 및 격자 파라미터를 가진 토포타시용 초기 생성물을 제공하고, 2) 바람직하지 않은 확산에 저항성이 있는 유익한 불순물을 정확한 위치에 정확한 농도로 제공하는 요건들이 완전히 충족되지 않는 않았다. 이러한 문제들을 모두 해결할 수 있는 방안이 필요하다.

발명의 상세한 설명

[0007] 본 발명의 이하의 실시 형태에 대한 필요성이 존재한다. 물론, 본 발명은 이러한 실시 형태로 제한되는 것은 아니다.

[0008] 본 발명의 실시 형태에 따르면, 조립물은 서로 물리적으로 접촉하는 다수의 이방성 나노입자를 포함하며, 다수의 이방성 나노입자 각각은 a) 제2 치수(dimension) 및 제3 치수와는 다른 제1 치수와, b) 제1 방향과 실질적으로 정렬되는 정형적인 나노입자 결정학적 방위를 가지며, 다수의 이방성 나노입자는 서로 실질적으로 정렬되어 실질적인 조밀 충전 층(close packed dense layer)을 형성하며, 실질적인 조밀 충전 층은 그 기저 면(basal plane)과 실질적으로 정렬되는 정형적인 공통 결정학적 방위(non-random shared crystallographic orientation)를 가진다. 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 공정은, 다수의 이방성 나노입자를 조립하여 실질적인 조밀 충전 층을 형성하는 단계를 포함하며, 다수의 이방성 나노입자 각각은 a) 제2 치수 및 제3 치수 모두와 실질적으로 다른 제1 치수와 b) 제1 치수와 실질적으로 정렬되는 정형적인 나노입자 결정학적 방위를 가지며, 조립은, 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면에 실질적으로 수직인 방향을 가지는 비국소성 힘(delocalized force)의 인가 및 이방성 나노입자가 반응하게 되는 변동력(fluctuating force)의 인가에 의한 다수의 이방성 나노입자의 기계적 상호 반응을 포함하며, 부여된 힘의 크기의 변동은 실질적으로 중복되지 않은 나노입자에 대하여 다수의 이방성 나노입자의 요소(member)들 사이에 단범위 약인력(short range weak attractive force)을 극복하기 충분하고, 다수의 이방성 나노입자는 서로 실질적으로 정렬되어 실질적인 조밀 충전 층을 형성하며, 실질적인 조밀 충전 층은 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면과 실질적으로 정렬되는 정형적인 공통 결정학적 방위를 가진다.

[0009] 본 발명의 이러한 실시 형태 및 기타 실시 형태는 이하의 설명 및 첨부 도면과 함께 고려되면 더욱 명확히 이해될 수 있을 것이다. 그러나, 이하의 설명은, 본 발명의 여러 실시 형태를 구체적으로 다양하고 상세하게 나타내지만, 예시를 위한 목적으로 제시되며 제한하기 위한 것은 아니라는 점을 이해하여야 한다. 본 발명의 실시 형태의 범위 내에서 그 기술 사상을 벗어나지 않고 다양한 대체 형태, 수정 형태, 추가 형태 및/또는 재배치 형태가 이루어질 수 있으며, 본 발명의 실시 형태는 그와 같은 대체 형태, 수정 형태, 추가 형태 및/또는 재배치 형태를 포함한다.

실시 예

[0021] 첨부 도면에 도시되어 있고 이하의 설명에 상세히 기재되어 있는 비제한적 실시 형태를 참조하여, 본 발명의 실시 형태 및 그에 관한 여러 특징과 구체적인 장점을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시 형태가 오히려 불명료해지는 것을 방지하기 위하여, 널리 공지된 시작 물질(starting material), 공정 기술, 구성요소 및 장비에 관한 상세 설명은 생략하기로 한다. 그러나, 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내는 상세한 설명과 구체적 예는 단지 예시적일 뿐이고 제한하기 위한 것은 아니라는 점을 이해하여야 한다. 본 발명의 기본적 개념의 기술 사상과 범위 내에서의 다양한 대체, 수정, 추가 및/또는 재배치 형태는 본 발명의 개시 내용으로부터 당업자에게는 자명할 것이다.

[0022] 본 명세서에서 여러 문헌들이 아라비아 숫자 또는 주요 저자의 이름과 그 뒤에 괄호 또는 대괄호 내에 기재된

발행년도에 의해 참조된다. 이러한 문헌 및 다른 문헌에 대한 정확한 인용은 청구범위 직전의 명세서 말미에 참고 문헌이라는 제목의 부분에 기재되어 있다. 본 발명의 실시 형태의 배경을 나타내고 종래 기술을 설명하기 위한 목적으로, 이 문헌들 모두의 개시 내용은 그 전체가 참조되어 본 명세서에 명확히 인용된다.

- [0023] 일반적으로, 본 발명의 실시 형태의 범위(context)는 이방성 나노입자의 조립체를 포함할 수 있다. 본 발명의 실시 형태의 범위는 압력이 관여된 공정을 위하여 전구물(precursor)을 함유하는 화학 반응물의 준비를 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 형태의 범위는 추가 처리 및 광다이오드[예를 들면, 태양광 발전(photovoltaics)]와 같은 소자 내에 해당 화학 생성물을 병합하는 것을 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명은 고상 나노입자를 포함하는 액상 전구물을 이용하여 실질적인 조밀 충전 층을 형성할 수 있으며, 실질적인 조밀 충전 층은 그 기저 면과 실질적으로 정렬되는 정형적인 공통 결정학적 방위를 가진다. 실질적인 조밀 충전 층은 최대 충전율(packing factor)의 적어도 25%, 20%, 15%, 10%, 5%, 1%, 0.5%, 또는 0.1% 이하인 충전율을 특징으로 할 수 있다. 액상 전구물은 고상 나노입자뿐만 아니라 용제, 분산제 및 표면 활성제도 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명은 이방성 나노입자의 제1 집합체(set)와 이방성 나노입자의 제2 집합체를 포함할 수 있으며, 이방성 나노입자의 제1 집합체와 이방성 나노입자의 제2 집합체는, 주 평면(principle plane)의 평면도 형상(plan), 부 평면(minor plane) 프로파일, 불순물 존재, 정전기 가장자리 전하, 정전기 표면 전하, 가장자리 산도(acidity), 표면 산도, 가장자리 친수성(hydrophilicity) 및 표면 친수성으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 상태 변수(state variable)가 서로 다르다. 본 발명은 다수의 이방성 나노입자에 결합된 다수의 등방성 나노입자를 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명은 $(\text{In,Ga})_y(\text{S,Se})_{1-y}$ 를 포함하는 이방성 나노입자를 포함할 수 있다. 본 발명은 $\text{Cu}_x(\text{Se})_{1-x}$ 를 포함하는 이방성 나노입자를 포함할 수 있다. 본 발명은 $\text{Cu}(\text{In,Ga})_y(\text{S,Se})_{1-y}$ 를 포함하는 이방성 나노입자를 포함할 수 있다. 본 발명은 실질적인 조밀 충전 층에 결합된 기판(substrate)을 포함할 수 있다. 본 발명은 용해된 다수의 이방성 나노입자를 포함할 수 있다.
- [0027] 도 9를 참조하면, 다수의 이방성 나노입자[나노판상체(915)]를 기판(920) 상에 조립함으로써 실질적인 조밀 충전 층(910)을 형성하는 공정이 도시되어 있다. 다수의 이방성 나노입자들 각각은 제2 및 제3 치수보다 실질적으로 작은 제1 치수(925)를 가진다. 또한, 다수의 이방성 나노입자들 각각은 제1 치수와 실질적으로 정렬된 정형적인 나노입자 결정학적 방위(930)를 가진다. 도 9에서 이러한 이방성 나노입자의 기저 면(935)은 제1 방향에 수직이다. 조립은, 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면에 실질적으로 수직인 방향을 가지는 비국소성 힘(delocalized force)[중력(940)]을 부여함으로써, 그리고 이방성 나노입자가 반응하게 되는 변동력(fluctuation force)[초음파 사인곡선 신호(950)로서, 그 직교 성분들이 도시되어 있음]을 부여함으로써, 다수의 이방성 나노입자를 기계적으로 상호작용시키는 것을 포함한다. 도 9의 공정에서, 부여된 힘의 크기 변동은, 실질적으로 중복되지 않은 이방성 나노입자에 대하여, 다수의 이방성 나노입자의 요소들 사이의 단범위 약인력을 극복하기에 충분하다. 완료 시에, 다수의 이방성 나노입자는 서로에 대하여 실질적으로 정렬되어 실질적인 조밀 충전 층을 형성하고, 실질적인 조밀 충전 층은 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면과 실질적으로 정렬된 정형적인 공통 결정학적 방위를 갖게 된다. 본 발명은 대략 0.40, 0.20, 0.10 또는 0.05 미만의 중횡비와 기저 면에 실질적으로 평행한 주 평면(principle plane)을 가지는 판상체(platelet)를 형성하는 이방성 나노입자를 포함할 수 있다.
- [0028] 도 10을 참조하면, 다수의 이방성 나노입자[나노봉(nanorod)(1015)]를 기판(1020) 상에 조립함으로써 실질적인 조밀 충전 층(1010)을 형성하는 또 다른 공정이 도시되어 있다. 다수의 이방성 나노입자들 각각은 제2 치수 및 제3 치수 모두보다 실질적으로 큰 제1 치수(1025)를 가진다. 또한, 다수의 이방성 나노입자들 각각은 제1 방향과 실질적으로 정렬된 정형적인 나노입자 결정학적 방위(1030)를 가진다. 도 10에서, 이러한 이방성 나노입자의 기저 면은 제1 방향에 수직이다. 조립은, 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면에 실질적으로 수직인 방향을 가지는 비국소성 힘[정전기장(1040)]의 인가와, 이방성 나노입자가 반응하게 되는 변동력[전자기 사인곡선 신호(1050)로서, 그 직교 성분들이 도시되어 있음]의 인가에 의한 다수의 이방성 나노입자의 기계적으로 상호 작용을 포함한다. 도 10의 공정에 있어서, 인가된 힘의 크기의 변동은, 실질적으로 중복되지 않은 이방성 나노입자에 대하여, 다수의 이방성 나노입자의 요소들 사이의 단범위 약인력을 극복하기에 충분하다. 완료 시에, 다수의 이방성 나노입자(1015)는 서로에 대하여 정렬되어 실질적인 조밀 충전 층을 형성하게 되고, 실질적인 조밀 충전 층은 실질적인 조밀 충전 층의 기저 면과 실질적으로 정렬된 정형적인 공통 결정학적 방위를 가지게 된다. 본 발명은 대략 2.5, 5.0, 10.0 또는 20.0보다 큰 중횡비와 기저 면에 실질적으로 평행한 주축(principle axis)을 가지는

나노봉을 형성하는 이방성 나노입자를 포함할 수 있다.

- [0029] 비국소성 힘은 중력, 자기력, 정전기력 및/또는 전자기력을 포함할 수 있다. 본 발명은 정형적인 공통 결정학적 방향을 안정화시키는 것을 포함할 수 있다. 안정화는 다수의 이방성 나노입자를 융합(fusing)하는 것을 포함할 수 있다. 안정화는 실질적인 조밀 충전 층의 화학 조성을 변화시키는 것을 포함할 수 있다. 화학 조성의 변경은 용제를 증발시키는 것을 포함할 수 있다. 안정화는, 헬름홀츠 이중 층(Helmholtz double layer)을 형성함으로써 실질적인 조밀 충전 층 내의 국소 이온 농도를 변화시키는 것을 포함할 수 있으며, 실질적인 조밀 충전 층은 헬름홀츠 이중 층의 한 층에 위치한다. 다수의 이방성 나노입자는 극성 결정을 포함할 수 있다. 안정화는 실질적인 조밀 충전 층에 결합된 매질(medium)의 조성을 변경시키는 것을 포함할 수 있다. 안정화는 실질적인 조밀 충전 층에 결합된 매질의 pH를 변경시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0030] 단범위 약인력은 반 데어 발스 인력을 포함할 수 있다. 변동력의 부여는, 전기, 자기, 정전기, 전자기, 초음파, 음파 및 화학선으로 이루어진 그룹으로부터 선정된 적어도 하나의 활성화 에너지원으로 다수의 나노입자를 여기시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0031] 본 발명은 다수의 이방성 나노입자에 결합된 다수의 등방성 나노입자를 제공하고 등방성 나노입자 상에 변동력을 인가하는 것을 포함할 수 있다. 조립은, 실질적인 조밀 충전 층에 대한 체적 농도로서의 평균 불순물 농도와는 다른 대략 25% 이하의 체적 농도로서의 국소 불순물 농도를 가지도록, 다수의 이방성 나노입자를 배열하는 것을 포함할 수 있다. 바람직한 실시 형태에서, 국소 불순물 농도는 단위 체적당 나트륨이다.
- [0032] 본 발명은 실질적인 조밀 충전 층을 재결정화하는 것을 포함할 수 있다. 본 발명은 실질적인 조밀 충전 층을 화학 반응물과 화학적으로 반응시켜 화학 생성물을 생성하는 것을 포함할 수 있다. 화학 반응은 실질적인 조밀 충전 층의 토평탁시 성장을 일으킬 수 있다. 화학 반응은 실질적인 조밀 충전 층, 화학 반응물 및 화학 생성물로부터 증기가 배출되는 것을 실질적으로 방지하기에 충분한 압력을 가하는 것을 포함할 수 있다.
- [0033] 본 발명은 실질적인 조밀 충전 층, 화학 반응물 및 화학 생성물에 걸쳐서 전계를 생성하는 것을 포함할 수 있다. 바람직한 실시 형태에서, 화학 생성물은 $Cu(In,Ga)_y(S,Se)_{1-y}$ 를 포함할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시 형태는 처리 중의 나노입자로부터 거의 실시간 신호를 전송하는 데이터 처리 방법을 이용하여 처리를 제어/최적화할 수 있다. 예를 들어 본 발명의 실시 형태는, 나노입자의 정렬 정도를 나타내는 상태 변수 정보를 얻기 위한 장치(instrumentation)와 조합되어, 상호 접속된 이산형 하드웨어 요소들을 작동시킬 수 있다. 예를 들어 본 발명의 실시 형태는, 정렬 중의 나노입자 및/또는 정렬이 일어나고 있는 기관으로부터 반영된 신호를 사용하여, 달성된 정렬 정도를 특정할 수 있고 그에 따라 전기, 자기, 정전기, 전자기(예를 들면, RF), 음파(예를 들면, 초음파) 및/또는 화학선(예를 들면, UV)을 포함하는 하나 이상의 기계적 상호 작용 활성화 에너지원으로부터의 크기와 지속 시간을 제어할 수 있다.
- [0035] <고도로 정렬된 이방성 나노입자의 구조>
- [0036] 본 발명의 실시 형태는 이방성 나노입자의 고도 정렬 구조를 포함할 수 있다. 이방성 나노입자는 토평탁시 반응물(초기 생성물)로서 사용하기 적합한 격자 파라미터를 가질 수 있다. 이방성에 따라 배향되는 파라미터를 가진 나노입자를 이용하고 다수의 상기 나노입자를 정렬함으로써, 확정된 크기와 형상의 토평탁시용 초기 생성물을 제조할 수 있다.
- [0037] 도 1은 조성이 서로 다른 2종의 삼각형 나노입자(110, 120)들이 정렬된 부분집합체(subset)들을 나타낸다. 본 발명은 음이온 및/또는 양이온 종단 단부 표면(terminated end surface)에 기초한 단부 표면 정전기 하전 입자(예를 들면, 나노봉)를 사용할 수 있다. 본 발명은 음이온 및/또는 양이온 종단 가장자리 표면에 기초한 가장자리 표면 정전기 하전 입자(예를 들면, 나노봉)를 사용할 수도 있다. 하전 상태의 차이는 나노입자가 용이하게 이질적으로 정렬되게 할 수 있다는 점을 이해하는 것이 중요하다. 이는, 2종의 부분집합체가 서로 조성이 다를 경우에, 공간적으로 교번 조성(alternating composition)을 나타내는 구조를 형성하는 데에 사용될 수 있다.
- [0038] 도 7a 내지 도 7d는 4개의 다른 나노입자 관상체 프로파일의 개략적인 단면도이다. 이 도면들은 부 평면 프로파일을 나타낸다. 도 7a는 반원형 가장자리 프로파일(710)을 가지는 나노입자를 나타낸다. 도 7b는 계단형 가장자리(720)를 가지는 나노입자를 나타낸다. 도 7c는 직교형 가장자리 프로파일(730)을 가지는 나노입자를 나타낸다. 도 7d는 경사형 가장자리 프로파일(740)을 가지는 나노입자를 나타낸다. 물론, 본 발명은 도시된 프로파일로 제한되는 것은 아니다.
- [0039] 본 발명은 유기 표면 활성화제와 나노입자의 상호작용을 이용하여 제조한 나노입자의 사용을 포함한다. 나노입자

는 장쇄 유기 배위자(long chain organic ligand) 및/또는 표면 활성제로 패시베이션 또는 "캐핑(capping)" 처리될 수 있다. 유기 표면 활성제는 합성 중에 나노입자의 크기와 형상을 결정하는 중요한 역할을 한다.^[1] 결정면(crystal facet)으로의 배위자의 우선적 표면 부착은 나노입자의 성장과 형상에 있어서 중요하다. 표면 활성제의 선택적 부착은 직접 실험에 의한 나노결정 성장 중에 관찰되지는 않았으나, 이론적 연구 및 제1 원리 계산(first-principle calculation)은 이 메커니즘을 지지한다.^[1,2,3] 가장 강력하게 배위자와 결합하는 결정 면은 성장이 가장 느리다. 여러 면들에 대한 상대적인 배위자 결합 에너지(binding energy)는 그 면들의 상대 성장 속도를 제어하고 그에 따라 형성되는 기하학적 형상을 제어한다.^[3] 나노결정이 상당히 대칭성 결정 구조(예를 들면, Zn 조성물 또는 암염)를 가지면, 합성 시에 특별한 성장 방향이 없는 다면 결정(faceted crystal)이 종종 생성된다.^[2] 극성 면은 비극성 면보다 안정적이지 않고 패시베이션 처리가 효율적이지 않은데, 이는 섬유아연석(wurtzite) 나노결정에서 관찰되는 이방성 성장 메커니즘을 이론적으로 설명할 수 있다.^[2] 예를 들면, In₂Se₃는 안정한 섬유아연석 구조를 형성할 수 있고, 이는 적절한 조건 하에서 육각형 봉 입자를 생성할 수 있게 한다. 면 상에서 표면 활성제의 피복(coverage)의 정도 또는 표면 활성제 밀도와 모노머(monomer) 밀도도 성장 메커니즘에 영향을 미친다.^[2]

[0040] 본 발명은 제조된 심부(core)/외곽부(shell) 시스템의 사용을 또한 포함하며, 예를 들면, 이 시스템은 나노입자로의 무기물의 결합을 포함한다. 무기 종(inorganic species)에 의해 캐핑된 나노입자는 "심부/외곽부" 시스템이라고 지칭될 수 있다. 이러한 시스템의 예는 CdSe/CdS, Si/SiO₂, CdS/Cd(OH)₂, CdSe/ZnSe, CdSe/ZnS 및 CdS/HgS/CdS를 포함한다.^[4] 연구된 시스템의 대부분은 특이한 발광성(photoluminescent property)을 나타내는 II-VI 반도체이다. 심부 나노결정은 직경이 대략 5nm이고, 심부 상에서 에피택시 성장하는 외곽부는 두께가 대략 0.5nm이다.^[4,5] 캐핑은 나노결정 상에서 균일하게 일어나는 것처럼 보이지만, 특정 결정학적 면과 관련이 있는 것은 아니다. 이러한 물질을 부착하기 위한 여러 조건이 존재하는데, (1) 심부는 외곽부가 부착되는 조건에 대해 내성이 있어야 하고, (2) 외곽부의 불균일 핵생성에 대한 배리어(barrier)가 균일 핵생성에 대한 배리어보다 낮도록, 2개의 상(phase)의 표면 에너지들은 유사하여야 하고, (3) 핵(seed) 나노결정과 외곽부는 부착 조건 하에서 용이하게 상호 확산되지 않아야 한다.^[6]

[0041] 본 발명은 Cu-In-Ga-Se 나노입자 화합물의 제어된 형상의 사용을 또한 포함할 수 있다. 여러 Cu-In-Ga-Se 나노입자의 형상과 치수는 다음의 표에 기재되어 있다.

표 1

재료	형상	치수(nm)	참고문헌
CIGS	구형	d~30-80	7
CIGS	판형		7
CIGS	구형	d~30-80	8
CIGS	튜브형	w~200, l~수 μm	9
CIS	봉형	w~12, l~600	10
CIS	휘스커형	3-6 x 30-80	11
CIS	구형	d~15	11
CIS	구형	85	12
CIS	구형	d~10-80	8
CIS	봉형	w~5-10, l~10-30	8
CuSe	구형	d~10-20	13
Cu _{2-x} Se		20-25	14
Cu ₃ Se ₂		20-25	14
CuSe		50-60	14
InSe	판형, 튜브형, 구형		19
InSe	판형		20
InSe	봉형		21
InSe	구형	5.8-7.0	22

[0042]

- [0043] 본 발명은, 3차원 병진 주기를 가진 규칙성(order)과 실질적인 조밀 층진 층의 기저 면의 법선에 대하여 4회(4-fold) 회전 대칭성을 가지도록 배치된 이방성 나노입자를 포함할 수 있다. 본 발명은 3차원 병진 주기를 가진 규칙성과 실질적인 조밀 층진 층의 기저 면의 법선에 대해 6회 회전 대칭을 가지도록 배치된 이방성 나노입자를 포함할 수 있다.
- [0044] 본 발명은 준결정 나노입자의 사용을 포함할 수 있다. 본 발명은 2차원에서 준주기적인(quasiperiodic) 준결정 [즉, 다각형 또는 2면체(dihedral) 준결정]을 사용할 수 있다. 이 경우에, 준주기적 층에 수직인 하나의 주기 방향이 존재한다. 이러한 유형은, 국소적 8회 대칭성을 가진 8각형 준결정(단순 및 체심 격자), 국소적 10회 대칭성을 가진 10각형 준결정(단순 격자), 및 국소적 12회 대칭성을 가진 12각형 준결정(단순 격자)를 포함한다. 본 발명은, 실질적인 조밀 층진 층의 기저 면에 대하여 10회 회전 대칭성과 기저 면에 수직인 1차원 병진 주기를 가지며, 기저 공간 위치(basal spatial location)에 대하여 실질적으로 대략 5 나노미터의 배수의 크기(scale)로 규칙화된 준결정을 포함할 수 있다.
- [0045] 본 발명은 3차원에서 준주기적인 준결정을 사용할 수 있다. 이 경우에 주기적 방향은 존재하지 않는다. 이러한 유형은, 20면체 준결정(축: 12×5회 대칭, 20×3회 대칭, 30×2회 대칭)(단순, 체심 및 면심 격자) 및 대칭성이 손상된 "20면체" 준결정(안정적인 2원계 $Cd_{5.7}Yb$)을 포함한다.
- [0046] 8각형 준결정의 예는 V-Ni-Si, Cr-Ni-Si, Mn-Si, Mn-Si-Al 및 Mn-Fe-Si를 포함한다. 10각형 준결정의 예는 Al-TM(여기서, TM = Ir, Pd, Pt, Os, Ru, Rh, Mn, Fe, Co, Ni, Cr), Al-Ni-Co*, Al-Cu-Mn, Al-Cu-Fe, Al-Cu-Ni, Al-Cu-Co*, Al-Cu-Co-Si*, Al-Mn-Pd*, V-Ni-Si 및 Cr-Ni를 포함한다. 12각형 준결정의 예는 Cr-Ni, V-Ni 및 V-Ni-Si. 20면체 준결정의 예는 Al-Mn, Al-Mn-Si, Al-Li-Cu*, Al-Pd-Mn*, Al-Cu-Fe, Al-Mg-Zn, Zn-Mg-RE*(여기서, RE = La, Ce, Nd, Sm, Gd, Dy, Ho, Y), Ti-TM(여기서, TM = Fe, Mn, Co, Ni), Nb-Fe, V-Ni-Si 및 Pd-U-Si를 포함한다. 본 문단에서 "*"의 사용은 안정 상이 존재함을 나타낸다.
- [0047] 완전하게 정렬된 이방성 나노입자의 구조는, 구조에 대한 이론적인 최저 자유 에너지만큼이나 낮은 자유 에너지를 가질 수 있다. 본 발명의 실시 형태는 구조에 대한 이론적인 최저 자유 에너지보다 대략 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 5 또는 1 퍼센트 이하만큼 큰 자유 에너지를 가질 수 있다.
- [0048] 본 발명의 바람직한 실시 형태는 나노입자들 사이에 공간적으로 분산된 간극의 존재에 대하여 테스트함으로써 하나씩 확인될 수 있지만, 특별한 실적 지표(performance indicator) 또는 판단 척도(diagnostic identifier)에 의해 확인되는 것으로 제한되는 것은 아니다. 정렬의 확인에 관한 테스트는 과도한 실험 없이 간단하고 일반적인 투과 전자 현미경 실험의 이용에 의하여 실시될 수 있다.
- [0049] <이방성 나노입자의 불순물 분포 구조>
- [0050] 본 발명의 실시 형태는 이방성 나노입자의 불순물 분포 구조를 포함할 수 있다. 이방성 나노입자의 표면 상의 제어된 위치에 불순물을 공급한 후에 다수의 그러한 나노입자를 배열함으로써, 다수의 나노입자에 의해 형성되는 구조 내에 불순물을 분포시킬 수 있다.
- [0051] 본 발명은, 불순물을 포함하고 실질적인 조밀 층진 층에 대한 체적 농도로서의 평균 불순물 농도와 다른 25% 이하의 체적 농도로서의 국소 불순물 농도를 가지는 이방성 나노입자를 포함할 수 있다. 본 발명의 바람직한 실시 형태는 단위 체적당 나트륨의 국소 불순물 농도에 관한 것이다.
- [0052] 도 4는 2종의 나노입자(410, 420)가 정렬된 부분집합체들을 나타내며, 나노입자(420)는 가장자리에 불순물을 담지한다. 이러한 2종의 부분집합체들은 정렬되어 기저 면에 대하여 5회 대칭성을 가진 층, 필름 또는 피막(coating)을 형성한다.
- [0053] 도 6은 4개의 측면에 불순물(620)을 가지는 나노결정(610)을 나타낸다. 나노결정은 사방육면체(rhombohedron)의 층, 필름 또는 피막을 형성하도록 정렬될 수 있다.
- [0054] 본 발명의 실시 형태들 중 일부는 불순물을 나노입자 내측에 위치하게 하는 것을 포함할 수 있다. 대안적으로, 본 발명의 실시 형태들 중 일부는 불순물을 나노입자의 표면에 위치하게 하는 것을 포함할 수 있다. 기저 면에 배열될 나노입자 판상체, 또는 원형 횡단면(x-section) 봉, 또는 육각형 횡단면 봉의 경우에, 불순물이 나노입자 계면에 분포하도록, 판상체의 가장자리에 불순물을 위치시키는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 나트륨 비스(2-에틸헥실) 설프옥시시네이트(sulphosuccinate) 또는 디이소옥틸 나트륨 설프옥시시네이트 또는 도데실 황산 나트륨(SDS) 또는 라우릴 황산나트륨(SLS)과 같은 표면 활성제의 형태로 나트륨을 제공함으로써, 예를 들면

(In,Ga)_y(S,Se)_{1-y}, Cu_x(Se)_{1-x} 또는 Cu(In,Ga)_y(S,Se)_{1-y} 나노입자의 표면에 나트륨을 공급할 수 있다. 이러한 표면 활성제는 나노입자(나노판상체)의 표면(예를 들면, 가장자리)에 나트륨을 공급함과 동시에 입자(판상체)의 성장을 안정화시킬 수 있다는 것을 이해할 수 있다. 대안적으로, 불순물은 배위자 교환(ligand exchange)에 의해 표면에 공급될 수도 있다. 그와 같은 교환은, 과도 결합 캐핑 그룹에 노출(선택적으로 반복 노출)과, 그 후에 부분 교환된 나노입자를 분리하기 위한 석출을 포함할 수 있다.

[0055] 불순물이 완전하게 분포된 구조체는, 체적 농도로 구조체의 평균 불순물 농도와 동일한 국소 불순물 농도를 가질 수 있다. 본 발명의 실시 형태는 체적 농도로 구조체의 평균 불순물 농도와는 다른 대략 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 5 또는 1 퍼센트 이하의 체적 농도로서의 국소 불순물 농도를 가질 수 있다. 바람직하게 불순물이 분포된 본 발명의 실시 형태는 공간적으로 분산된 불순물 원소의 존재에 대한 테스트를 실시함으로써 하나씩 확인될 수 있지만, 특별한 실적 지표 또는 판단 척도에 의해 확인되는 것으로 제한되는 것은 아니다. 정렬 여부에 대한 테스트는 과도한 실험 없이 간단하고 일반적인 주사 탐침 현미경 실험에 의해 실시될 수 있다.

[0056] <실시예>

[0057] 여러 상세 특성을 설명하는 이하의 비제한적 실시예에 의하여, 본 발명의 구체적인 실시 형태를 추가로 설명하기로 한다. 본 발명의 실시 형태가 실행될 수 있는 방법에 대한 이해를 돕기 위하여, 이하의 실시예가 제시되어 있다. 이하의 실시예는 본 발명의 실시예에 있어서 양호하게 기능하는 것으로 밝혀진 실시 형태를 나타내며, 본 발명의 실시 형태를 위한 바람직한 형태로 고려될 수 있다는 점을 이해하여야 한다. 그러나, 본 발명의 실시 형태의 사상과 범위로부터 벗어나지 않고, 기재되어 있는 예시적 실시 형태 내에서 다양한 변형이 이루어져 동일하거나 유사한 결과가 얻어질 수 있다는 점을 이해하여야 한다. 따라서, 실시예는 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다.

[0058] <실시예 1>

[0059] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시 형태는 4회 대칭성을 가진 구조를 가지는 조립물과, 이 조립물을 제조하는 공정을 포함할 수 있다. 본 실시예에서, 다수의 이방성 나노입자는 입방형 판상체이다.

[0060] 도 2는 정렬된 2종의 사각형 Cu(In,Ga)_y(S,Se)_{1-y} 나노입자(210, 220)의 부분집합체를 나타내며, 나노입자(210)는 가장자리에 잔류 나트륨 비스(2-에틸헥실) 설포석시네이트 불순물(215)을 담지한다. Cu(In,Ga)_y(S,Se)_{1-y}와 관련하여, 나노입자(210)는 Cu 부유(rich) 알파 영역(domain)에 해당하고, 나노입자(220)는 In-Ga 부유 베타 영역에 해당한다. 2종의 부분집합체를 50/50의 비율로 조합하면, 불순물의 양은 불순물 담지 나노입자들만이 이용되었을 경우에 비하여 50%가 되도록 제어된다. 불순물을 담지한 가장자리는 불순물을 담지하지 않은 가장자리에 우선적으로 결합될 수 있고, 따라서 최근방 인접 범위뿐만 아니라 국소 범위에서 50%의 상대 불순물 수준이 균일하게 분포한다.

[0061] <실시예 2>

[0062] 도 5를 참조하면, 본 발명에 따른 실시 형태는 5회 대칭성을 가지는 구조를 포함하는 조립물과 이 조립물을 제조하는 공정을 포함할 수 있다. 이 실시예에서, 다수의 이방성 나노입자는 제1 부분집합체와 제2 부분집합체를 포함한다.

[0063] 도 5는 정렬된 2종의 (In,Ga)_y(S,Se)_{1-y} 나노입자(510, 520)의 부분집합체를 포함하며, 나노입자(520)는 가장자리에 디이소옥틸 나트륨 설포석시네이트 불순물(515)을 담지한다. 2종의 부분집합체들 중 하나에만 불순물을 제공함으로써, 부분집합체들 모두가 불순물을 담지하였을 경우에 비하여 불순물의 양은 낮게 제어된다. 최근방 인접 범위뿐만 아니라 국소 범위에서 불순물 수준이 균일하게 분포한다는 점을 이해하는 것이 중요하다. 이러한 다수의 나노-준결정은 기저 면에 대하여 5회 대칭성을 가진 층, 필름 또는 피막을 형성하도록 정렬될 수 있다.

[0064] <실시예 3>

[0065] 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시 형태는 6회 대칭성을 가진 구조를 포함하는 조립물과 이 조립물을 제조하기 위한 공정을 포함할 수 있다. 본 실시예에서, 다수의 이방성 나노입자는 육각형이다.

[0066] 도 3은 정렬된 다수의 육각형 Cu_x(Se)_{1-x} 나노입자(310)를 나타내며, 나노입자 모두는 가장자리에 잔류 도데실 황산나트륨 불순물(315)을 담지한다. 최근방 인접 범위뿐만 아니라 국소 범위에서도 불순물 수준이 균일하게 분포한다는 점을 이해하는 것이 중요하다.

- [0067] <실시에 4>
- [0068] 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시 형태는 실질적인 조밀 층진 층의 면의 법선에 대해 6회 회전 대칭성을 가지는 In_2Se_3 구조를 포함하는 조립물과 이 조립물을 제조하는 공정을 포함할 수 있다. 도 8은 정렬된 다수의 육각형 In_2Se_3 나노봉(810)을 나타내며, 각 나노봉은 안정한 섬유아연석 구조로 형성된다. 봉의 단부에서의 표면 윤활제의 피복 정도 또는 표면 윤활제 밀도 및 대응하는 모노머 밀도는 6개의 측면에 비하여 낮다.
- [0069] <실용적 용도>
- [0070] 기술적 분야 내에서 가치가 있는 본 발명의 실시 형태의 실용적 용도는, 예를 들면 전구물 층 내에서 균일하게 분포되는 것이 바람직한 하나 이상의 미량 성분(trace moiety)(예를 들면, 표면 활성제)을 포함하는 압력 관여 화학 반응과 같은 화학 반응에 사용될 화학 전구물 층을 준비하는 것이다. 또한, 본 발명의 실시 형태는 염료 승화 판(예를 들어, 인쇄 목적으로 사용)을 준비하는 것과 관련하여, 또는 나노 제조 기술[예를 들어, 양자 소자(quantum device) 제조를 목적으로 사용] 등과 관련하여 유용하다. 본 발명의 실시 형태에 대한 실질적으로 무수한 용도가 있으며, 모든 용도를 본 명세서에 상세히 기재할 필요는 없을 것이다.
- [0071] <장점>
- [0072] 본 발명의 실시 형태는 적어도 다음과 같은 이유에서 바람직하고 비용 효율적이다. 본 발명의 실시 형태는 종래 방법에 비하여 품질을 향상시키고 그리고/또는 비용을 절감한다.
- [0073] <정의>
- [0074] "중형비"라는 용어는 (나노)입자에서의 높이와 폭의 평균치에 대한 길이의 비를 의미하기 위한 것이다. "주 평면"이라는 용어는 (나노)입자의 최단 치수에 평행한 법선에 의해 위치가 정해지는 평면을 의미하기 위한 것이다. "체적 농도로 국소 불순물 농도"라는 문언은, 나노입자들(예를 들면, 10개 ~ 100개)의 그룹의 근방에서의 단위 체적당 불순물의 양을 의미하기 위한 것이며, 각각의 나노입자의 근방 또는 하나의 최근방 나노입자의 인접부에서의 불순물의 양을 의미하는 것은 아니다. "체적 농도로 평균 불순물 농도"라는 문언은 다수의 이방성 나노입자에 의해 형성된 용적체(bulk) 내의 불순물의 양을 의미하기 위한 것이다. "초음파 주파수"라는 용어는 대략 20KHz 이상의 주파수를 의미하기 위한 것이다. "무선 주파수(radio frequency)"라는 용어는 적외선 영역뿐만 아니라 대략 300GHz 이하의 주파수를 의미하기 위한 것이다. 원소의 주기율 표 내의 열에 해당하는 족 번호(group number)는 "CRC 핸드북 오브 케미스트리 앤드 피직스(CRC Handbook of Chemistry and Physics), 81판, (2000)"에 기재된 바와 같은 새로운 표기법 규정을 사용한다.
- [0075] "실질적으로"라는 용어는 "대체적으로"라는 의미이며, 기재되어 있는 "모두가 반드시"를 의미하는 것은 아니다. "대략"이라는 용어는 제시된 값의 적어도 근방(예를 들면, 10% 이내)을 의미하기 위한 것이다. "일반적으로"라는 용어는 적어도 제시된 상태에 근접함을 의미한다. "결합"이라는 용어는 연결을 의미하지만, 반드시 직접 그리고 반드시 기계적으로 연결된 것을 의미하지는 않는다. 여기서 사용된 바와 같은 "근방"이라는 용어는 근거리, 인접하는 위치 및/또는 동일 장소를 의미하기 위한 것이며, (만일 특정 기능 및/또는 결과가 존재한다면) 그 기능 및/또는 결과가 발생할 수 있고 그리고/또는 달성될 수 있는 공간적 위치를 포함한다. 여기서 사용된 바와 같은 "말단"이라는 용어는 원거리, 이격된 위치 및/또는 동일하지 않은 장소를 의미하기 위한 것이며, (만일 특정 기능 및/또는 결과가 존재한다면) 그 기능 및/또는 결과가 발생할 수 있고 그리고/또는 달성될 수 있는 공간적 위치를 포함한다.
- [0076] "제1" 또는 "하나의"라는 용어와 "적어도 제1" 또는 "적어도 하나"라는 문언은, 다른 의미가 있는 것이 아니라는 점이 본 명세서의 본래의 문맥으로부터 명확하다면, 단수 또는 복수를 의미하기 위한 것이다. "제2" 또는 "다른"이라는 용어와 "적어도 제2"와 "적어도 다른"이라는 문언은, 다른 의미가 있는 것이 아니라는 점이 본 명세서의 본래의 문맥으로부터 명확하다면, 단수 또는 복수를 의미하기 위한 것이다. 본 명세서의 본래의 문맥과 상반되게 명시적으로 기재되어 있지 않다면, "또는"이라는 용어는 배타적인 "또는"이 아니라 포함적인 "또는"을 의미하기 위한 것이다. 구체적으로, A 또는 B라는 조건은, A가 참(또는 존재)이고 B가 거짓(또는 부재), A가 거짓(또는 부재)이고 B가 참(또는 존재), 및 A와 B 모두가 참(또는 존재) 중에서 어느 하나에 의해 만족된다. "하나(a 및/또는 an)"라는 용어는 문법을 위하여 그리고 단지 편의를 위하여 사용된다.
- [0077] "다수"라는 용어는 2 이상을 의미하기 위한 것이다. "소정"이라는 용어는 집합체의 적용 가능한 모든 요소 또는 집합체의 적용 가능한 모든 요소의 적어도 일부를 의미하기 위한 것이다. 명세서에서 추론 가능한 "소정의 정수"라는 문언은 명세서에 기재된 해당 수치들 사이의 정수를 의미하기 위한 것이다. 명세서에서 추론 가능한

"소정 범위"라는 문언은 그와 같은 해당 수치를 내의 소정 범위를 의미하기 위한 것이다. "수단"이라는 용어는, "위한"이라는 용어에 후치하면, 성과를 달성하기 위한 하드웨어, 펌웨어 및/또는 소프트웨어를 의미하기 위한 것이다. "단계"라는 용어는, "위한"이라는 용어에 후치하면, 기재된 결과를 얻기 위한 방법(하위 방법), 공정(하위 공정) 및/또는 루틴(서브루틴)을 의미하기 위한 것이다.

[0078] "포함한다", "포함하는", "구비한다", "구비한", "가진다", "가지는" 또는 이의 기타 파생어는 비배타적인 포함을 포괄하기 위한 것이다. 예를 들면, 기재된 요소를 포함하는 공정, 방법, 물질 또는 장치는 반드시 기재된 요소들로만 제한되는 것이 아니라, 명시되지 않은 기타 요소 또는 그러한 공정, 방법, 물질 또는 장치에 고유한 기타 요소를 포함할 수도 있다. "이루는(이루어진다, 이루어진)" 및/또는 "구성하는(구성하다, 구성된)"이라는 용어는, 기재된 방법, 장치 또는 구성 이외의 과정, 구조 및/또는 요소가 포함될 여지가 없다는 폐쇄적 의미를 나타내기 위한 것이지만, 일반적으로 관련된 보조물, 부속물 및/또는 불순물은 기재된 방법, 장치 또는 구성에 포함된다. "이루는(이루어진다, 이루어진)" 및/또는 "구성하는(구성한다, 구성된)"이라는 용어와 함께 기재된 "본질적으로"이라는 용어는 폐쇄적 의미를 변경하기 위한 것으로서, 기재된 방법, 장치 및/또는 구성의 기본적인 신규한 특징에 실질적으로 영향을 미치지 않는 미기재의 과정, 구조 및/또는 요소에 대해서만은, 기재된 방법, 장치 및/또는 구성에 포함될 여지가 있다는 의미를 나타내기 위한 것이다.

[0079] 여기에 사용된 모든 기술 및 과학 용어는, 달리 한정되어 있지 않다면, 본 발명이 속하는 당해 분야의 기술자에 의해 일반적으로 이해되는 바와 같은 동일 의미를 가진다. 서로 상충되는 경우에는, 용어에 대해 "정의"하고 있는 본 명세서가 우선한다.

[0080] <결론>

[0081] 기재된 실시 형태와 실시예는 예시적일 뿐이며 제한하기 위한 것은 아니다. 본 발명의 실시 형태들은 개별적으로 실시될 수 있으나, 본 발명의 실시 형태들은 그와 관련된 시스템 내에 통합될 수도 있다. 여기에 기재된 본 발명의 모든 실시 형태는 과도한 실험 없이도 기재된 내용에 기초하여 실시되고 이용될 수 있다. 본 발명자들이 고려한 본 발명의 최적의 형태가 기재되었으나, 본 발명의 실시 형태는 이에 제한되는 것은 아니다. 본 발명의 실시 형태는 여기에 기재된 이론적 설명(만일, 이론적 설명이 기재되어 있다면)에 의해 제한되는 것은 아니다. 본 발명의 개별적 단계는 개시된 방식으로 실시되거나 개시된 순서로 조합될 필요가 있는 것은 아니며, 모든 가능한 방식으로 실시될 수도 있고 그리고/또는 모든 가능한 순서로 조합될 수도 있다. 본 발명의 실시 형태의 개별적 구성요소는 개시된 형태로 형성되거나 개시된 배열로 조합될 필요가 있는 것은 아니며, 가능한 모든 형태로 제공될 수도 있고 가능한 모든 배열로 조합될 수도 있다. 각 구성요소는 개시된 물질로 제조될 필요가 있는 것은 아니며, 모든 가능한 적정 물질로 제조될 수 있다. 균등 대체물은 여기에 기재된 물질을 대체할 수도 있다.

[0082] 본 발명의 실시 형태가 속하는 당해 분야의 기술자라면, 기본적인 본 발명의 개념의 기술 사상 및/또는 범위를 벗어나지 않고, 본 발명의 실시 형태의 특징들의 다양한 대체, 수정, 추가 및/또는 재배치가 이루어질 수 있다는 점을 이해할 수 있다. 개시된 각 실시 형태의 개시된 모든 요소와 특징은, 개시된 다른 모든 실시 형태의 개시된 요소와 특징과 서로 모순되지 않는다면, 그러한 요소와 특징과 조합되거나 그러한 요소와 특징을 대체할 수 있다. 첨부된 청구범위와 그 균등물에 의해 규정되는 본 발명의 기본적인 개념의 기술 사상 및/또는 범위는 그러한 모든 대체 형태, 수정 형태, 추가 형태 및/또는 재배치 형태를 포괄한다.

[0083] 소정 청구항에서 "위한 수단" 및/또는 "위한 단계"라는 문언의 사용에 의해 수단과 기능의 제한이 명시적으로 기재되어 있지 않다면, 첨부된 청구범위는 수단과 기능의 제한을 포함하는 것으로 해석되지 않아야 한다. 본 발명의 다소 일반적인 실시 형태는 첨부된 청구범위의 독립항과 그 균등물에 의해 규정된다. 본 발명의 특정 실시 형태는 첨부된 청구범위의 종속항과 그 균등물에 의해 구체화된다.

[0084] <참고 문헌>

[0085] 1. 인(Yin) 등, 네이처(Nature), 콜로이드 나노결정 합성 및 유기-무기 계면(Colloidal nanocrystal synthesis and the organic-inorganic interface), 437, 664-670, 2005.

[0086] 2. 마나(Manna) 등, 저널 오브 피지컬 케미스트리 비.(J. Phys. Chem. B.), 패시베이션 미처리 및 표면 활성화 패시베이션 처리된 섬유아연석의 벌크 면의 제1 원리 모델링: CdSe 나노결정의 이방성 성장 연구를 위한 모델 시스템(First-Principles Modeling of Unpassivated and Surfactant-Passivated Bulk Facets of Wurtzite CdSe: A Model System for Studying the Anisotropic Growth of CdSe Nanocrystals), 109, 6183-6192, 2005.

[0087] 3. 푸즈더(Puzder) 등, 나노 레터즈(Nano Letters), 아브 이니셔 계산에 의해 조사된 CdSe 나노입자의 성장에

미치는 유기 배위자 결합의 영향(The Effect of Organic Ligand Binding on the Growth of CdSe Nanoparticles Probed by Ab Initio Calculations), 4, 2361-2365, 2004.

- [0088] 4. 쑹(Peng), 저널 오브 더 아메리칸 케미컬 소사이어티(J. Am. Chem. Soc.), 광안정성과 전자 접근성을 가진 고발광성 CdSe/CdS 심부/외곽부 나노결정의 에피탁시 성장(Epitaxial Growth of Highly Luminescent CdSe/CdS Core/Shell Nanocrystals with Photostability and Electronic Accessibility), 119, 7019-7029, 1997.
- [0089] 5. 후아(Hua) 등, 케미컬 피직스 레터즈(Chem. Phys. Lett.), ZnS:Tb/CdS 심부-외곽부 나노결정에 기초한 소자의 전장 발광 특성(Electroluminescent properties of device based on ZnS:Tb/CdS core-shell nanocrystals), 419, 269-272, 2006.
- [0090] 6. 머레이(Murray) 등, 애뉴얼 리뷰 오브 머티리얼 사이언스(Ann. Rev. Mat. Sci.), 단분산 나노결정과 조밀 층진 나노결정 조립체의 합성 및 특성(Synthesis and Characterization of Monodisperse Nanocrystals and Close-Packed Nanocrystal Assemblies), 30, 545-610, 2000.
- [0091] 7. 천(Chun) 등, 신 솔리드 필름즈(Thin Solid Films), 용매열 공정에 의한 CuInGaSe₂ 나노입자의 합성(Synthesis of CuInGaSe₂ nanoparticles by solvothermal route), 480-481, 46-49, 2005.
- [0092] 8. 김(Kim) 등, 머티리얼 사이언스 포럼(Matl. Sci. Forum), 용매열 공정에 의한 CuInSe₂와 CuInGaSe₂ 나노입자의 합성(Synthesis of CuInSe₂ and CuInGaSe₂ nanoparticles by solvothermal route), 449-4, 273-276, 2004.
- [0093] 9. 김(Kim) 등, 저널 오브 메카니컬 사이언스 앤드 테크놀로지(J. Mech. Sci. & Tech.), 저온 콜로이드 공정에 의한 CuInGaSe₂ 나노입자의 합성(Synthesis of CuInGaSe₂ nanoparticles by low temperature colloidal route), 19, 2085-2090, 2005.
- [0094] 10. 지양(Jiang) 등, 인오가닉 케미스트리(Inorg. Chem.), 삼원계 반도체 CuInE₂(E=S, Se) 나노봉을 제조하기 위한 원소 용매열 반응(Elemental Solvothermal Reaction To Produce Ternary Semiconductor CuInE₂ (E=S, Se) Nanorods), 39, 2964-2965, 2000.
- [0095] 11. 리(Li) 등, 어드밴스트 머티리얼즈(Advanced Materials), CuInSe₂ 나노휘스커 및 나노입자의 용매열 공정에 의한 합성 및 특성(Synthesis by a Solvothermal Route and Characterization Of CuInSe₂ Nanowhiskers and Nanoparticles), 11, 1456-1459, 1999.
- [0096] 12. 그리사루(Grisaru) 등, 인오가닉 케미스트리(Inorganic Chemistry), CuInTe₂ 및 CuInSe₂의 마이크로파-보조 폴리올 합성(Microwave-Assisted Polyol Synthesis of CuInTe₂ and CuInSe₂), 42, 7148-7155, 2003.
- [0097] 13. 리(Li) 등, 저널 오브 머티리얼 사이언스(J. Mat. Chem.), □CuSe 나노결정과 박편의 준비를 위한 음향화학 공정(Sonochemical process for the preparation of □CuSe nanocrystals and flakes), 12, 3723-3727, 2002.
- [0098] 14. 주(Xu) 등, 저널 오브 크리스탈 그로스(J. Crys. Growth), 여러 상을 가진 셀렌화구리 나노결정의 음향화학적 합성(Sonochemical synthesis of copper selenides nanocrystals with different phases), 234, 263-266, 2002.
- [0099] 15. 쿠마(Kumar) 등, 스몰(Small), II-VI 반도체 나노재료의 형상 제어(Shape Control of II-VI Semiconductor Nanomaterials), 2, 316- 329, 2006.
- [0100] 16. 버다(Burda) 등, 케미컬 리뷰(Chem. Rev.), 형상이 다른 나노결정의 화학적 성질 및 특성(Chemistry and Properties of Nanocrystals of Different Shapes), 104, 1025-1102, 2005.
- [0101] 17. 유(Yu) 등, 케미컬 머티리얼즈(Chem. Mater.), 크기, 형상 및 구조가 제어된 CdTe 나노결정의 형성과 안정성: 모노머와 나노결정에 미치는 배위자 효과(Formation and Stability of Size-, Shape-, and Structure-Controlled CdTe Nanocrystals: Ligand Effects on Monomers and Nanocrystals), 15, 4300-4308, 2003.
- [0102] 18. 카스파(Caspar) 등, 프로시딩 오브 내셔널 아카데미 사이언스(Proc. Natl. Acad. Sci.), 결정성 준결정 격자 내의 5회 대칭성(Five-fold symmetry in crystalline quasicrystal lattices), 93권, 14271-14278, 12월 1996.

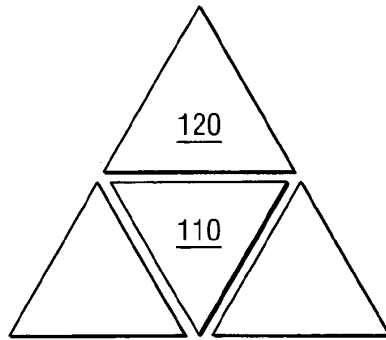
- [0103] 19. 홀링스워스(Hollingsworth) 등, 저널 오브 아메리칸 케미컬 소사이어티(J. Am. Chem. Soc.), 콜로이드 결정으로서 준안정 InS 결정 구조의 촉매 성장(Catalyzed Growth of a Metastable InS Crystal Structure as Colloidal Crystals), 122, 3562-3563, 3월 2000.
- [0104] 20. 양(Yang) 등, 저널 오브 피지컬 케미스트리 비(J. Phys. Chem. B), InSe 나노입자의 분광 분석(The Spectroscopy of InSe Nanoparticles), 109권, 12701-12709, 6월 2005.
- [0105] 21. 파크(Park) 등, 저널 오브 케미컬 소사이어티(J. Am. Chem. Soc.), InSe 나노결정의 상-제어 1차원 형상 변화(Phase-Controlled One-Dimensional Shape Evolution of InSe Nanocrystals), 128권, 14780-14781, 8월 2006.
- [0106] 22. 레바프라사두(Revaprasadu) 등, 저널 오브 머티리얼 케미스트리(J. Mater. Chem.), InS 및 InSe 양자점의 직접 합성을 위한 새로운 단일 분자 전구체 공정(Novel single-molecule precursor routes for the direct synthesis of InS and InSe quantum dots), Vol. 9, 2885-2888, August 1999.

도면의 간단한 설명

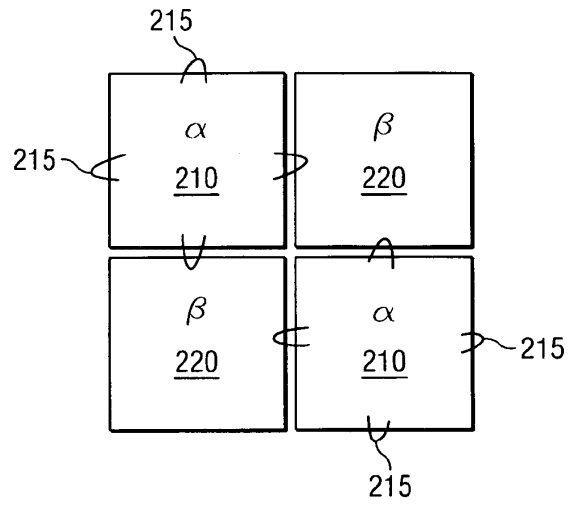
- [0010] 본 발명의 특정 실시 형태의 설명을 위하여, 본 명세서의 일부를 구성하는 첨부 도면이 포함되어 있다. 본 발명의 실시 형태, 본 발명의 실시 형태와 결합 가능한 구성요소, 및 본 발명의 실시 형태가 제공된 시스템의 작용의 더욱 명확한 개념은, 도면(동일 도면 부호는 하나 이상의 도면에 기재되어 있는 경우에 동일 요소를 나타냄)에 도시된 예시적이고 비제한적인 실시 형태를 참조하면 용이하게 이해될 수 있을 것이다. 본 발명의 실시 형태는 이러한 도면과 함께 본 명세서에 기재된 이하에 설명을 참조함에 의해 더욱 명확히 이해될 수 있다. 도면에 예시된 형상들은 반드시 일정한 비율로 도시된 것은 아니라는 점에 유의하여야 한다.
- [0011] 도 1은 서로 다른 2종의 삼각형 나노입자들이 정렬된 부분집합체(subset)들의 개략 평면도로서, 본 발명의 실시 형태를 나타낸다.
- [0012] 도 2는 본 발명의 실시 형태에 따라 2종의 나노입자들이 정렬된 부분집합체들의 개략 평면도이며, 나노입자들 중 1종은 가장자리에 불순물을 담지한다.
- [0013] 도 3은 본 발명의 실시 형태에 따라 정렬된 다수의 육각형 나노입자들의 개략 평면도이며, 나노입자들 모두는 가장자리에 불순물을 담지한다.
- [0014] 도 4는 본 발명의 실시 형태에 따른 2종의 준결정(quasicrystal) 나노입자들이 정렬된 부분집합체들의 개략 평면도이며, 나노입자들 중 1종은 가장자리에 불순물을 담지한다.
- [0015] 도 5는 본 발명의 실시 형태에 따른 2종의 준결정 나노입자들이 정렬된 부분집합체들의 개략 평면도이며, 나노입자들 중 1종은 하나는 가장자리에 불순물을 담지한다.
- [0016] 도 6은 네 측면에 불순물을 가지는 나노입자의 개략 평면도로서, 본 발명의 실시 형태를 나타낸다.
- [0017] 도 7a 내지 도 7d는 4개의 다른 나노입자 판상체(platelet)의 부 평면(minor plane) 프로파일의 개략 단면도로서, 본 발명의 실시 형태를 나타낸다.
- [0018] 도 8은 실질적인 조밀 층진 층의 평면의 법선에 대해 6회(6-fold) 회전 대칭성을 가진 In₂Se₃ 구조의 개략도로서, 본 발명의 실시 형태를 나타낸다.
- [0019] 도 9는 부분집합체에 다수의 이방성 나노입자를 포함하는 실질적인 조밀 층진 층의 개략도로서, 본 발명의 실시 형태를 나타낸다.
- [0020] 도 10은 부분집합체에 다수의 이방성 나노입자를 포함하는 또 다른 실질적인 조밀 층진 층의 개략도로서, 본 발명의 실시 형태를 나타낸다.

도면

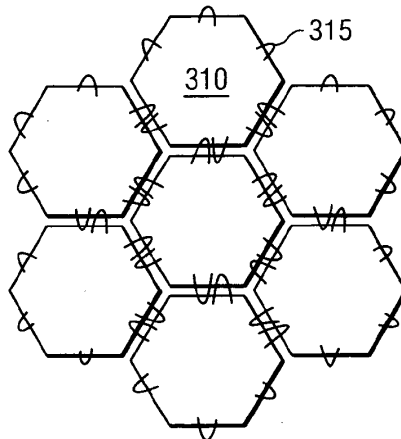
도면1



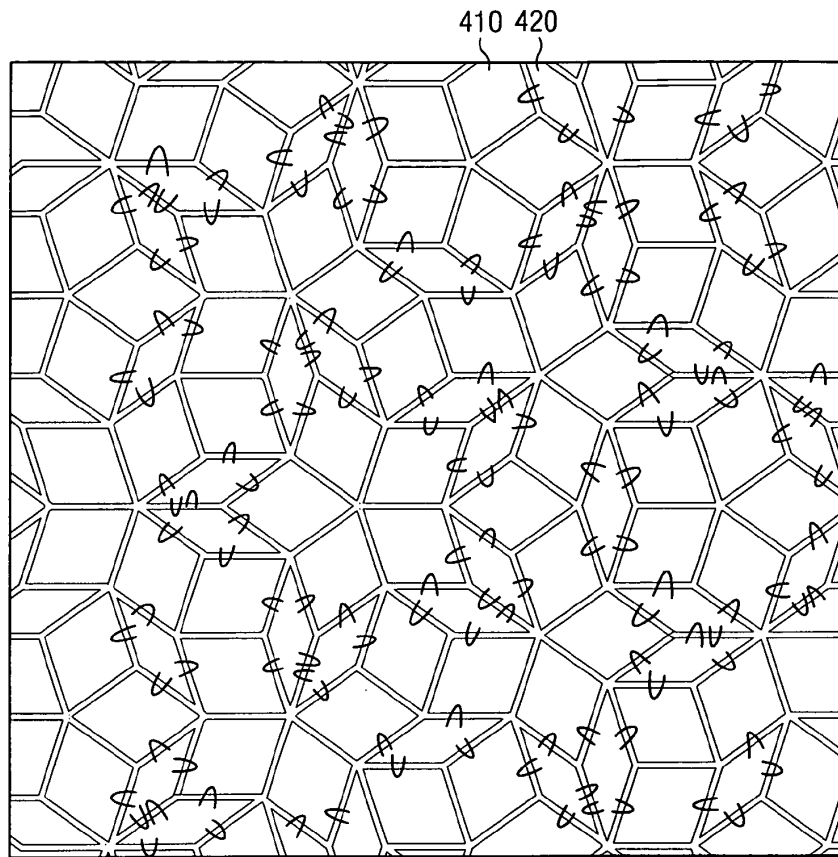
도면2



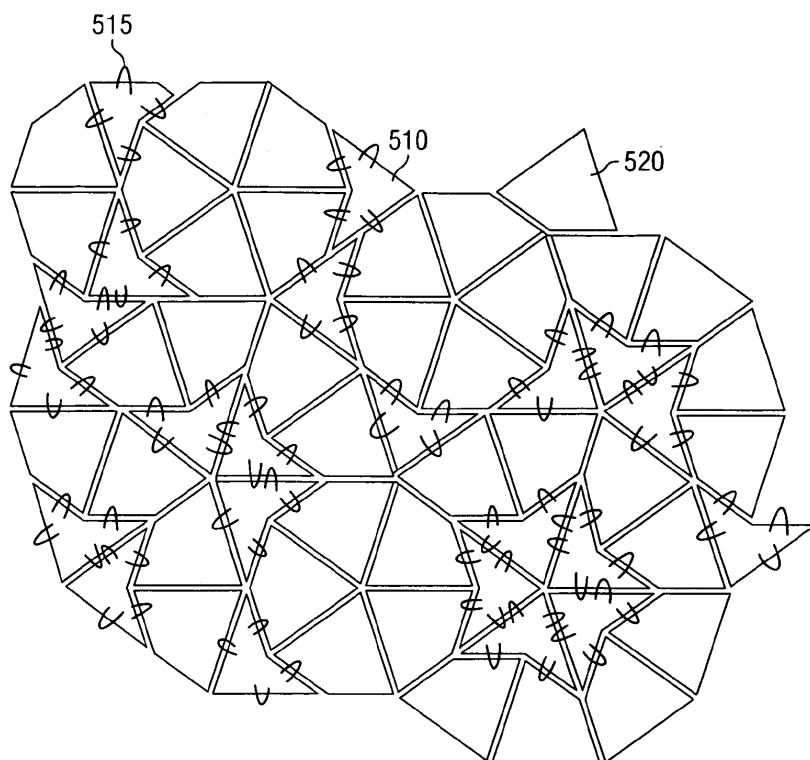
도면3



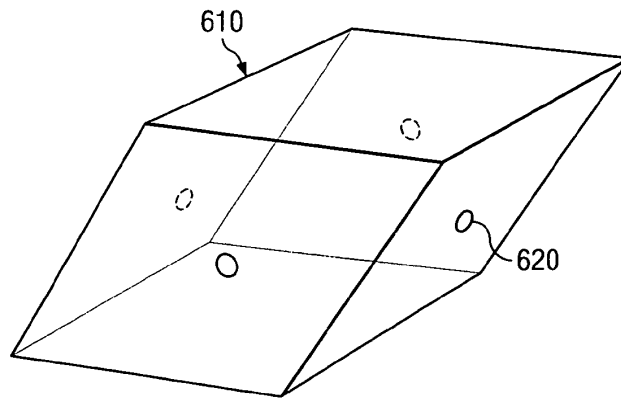
도면4



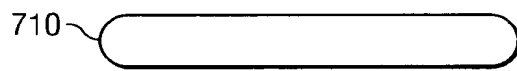
도면5



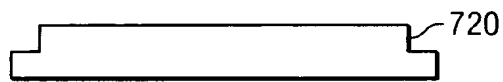
도면6



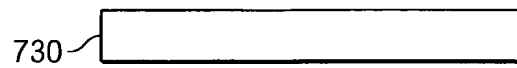
도면7A



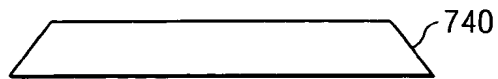
도면7B



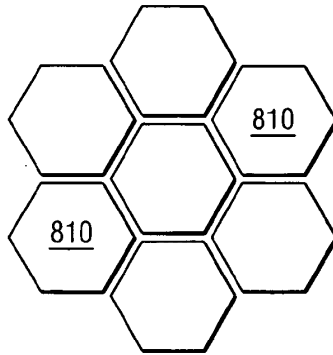
도면7C



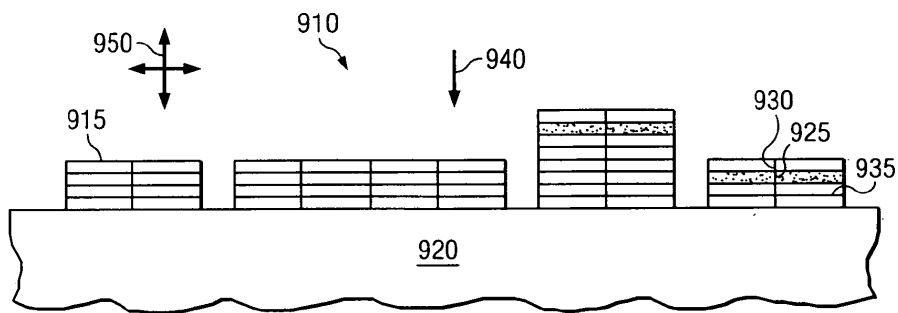
도면7D



도면8



도면9



도면10

