



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0124802  
(43) 공개일자 2010년11월29일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) Int. Cl.<br/> <i>C01G 1/12</i> (2006.01) <i>C01G 15/00</i> (2006.01)<br/> <i>C01G 3/12</i> (2006.01) <i>B82B 3/00</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2010-7022221</p> <p>(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년03월06일<br/>                 심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2010년10월05일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/CN2009/000237</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2009/109110<br/>                 국제공개일자 2009년09월11일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>                 200810101428.X 2008년03월06일 중국(CN)</p> | <p>(71) 출원인<br/>                 바이엘 테크놀로지 서비스즈 게엠베하<br/>                 독일 51368 레버쿠젠</p> <p>(72) 발명자<br/>                 중, 하이젠<br/>                 중국 100080 북경시 해전구 중관춘 북1가 2호<br/>                 리, 용팡<br/>                 중국 100080 북경시 해전구 중관춘 북1가 2호</p> <p>(74) 대리인<br/>                 양영준, 위혜숙</p> |
|--|--|

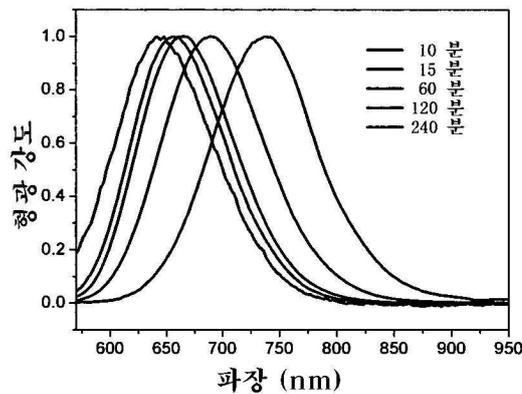
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 구리 인듐 설파이드 나노입자 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 구리 인듐 설파이드 나노입자 및 이의 제조 방법에 관한 것이다. 구리 염, 인듐 염 및 알칸티올을 비극성 유기 용매에 첨가한 후에, 비활성 기체 대기하에서 교반시키면서 가열하여 암적색 콜로이드 용액이 얻어질 때까지 용해시킨다. 수득한 콜로이드 용액을 실온으로 냉각시킨 후에, 극성 용매를 첨가한다. 원심 침강을 통해서 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 수득한다. 수득한 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 더 세정하고 진공 건조하여 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자 분말을 얻을 수 있다. 수득한 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자는 평균 입자 크기가 2 내지 10 nm이고, 근적외선 영역에서 600 내지 800 nm의 발광 스펙트럼을 가지며, 양자 효율이 10%에 가깝다. 본 발명의 방법의 수율은 90%에 이른다.

대표도 - 도1b



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

(a) 구리 염, 인듐 염 및 알칸티올을 비극성 유기 용매내에 첨가한 후에 비활성 기체하에서 가열 및 교반하고 암적색 콜로이드 용액이 얻어질 때까지 용해시키는 단계: 및

(b) 상기 단계 (a)에서 얻은 콜로이드 용액을 실온으로 냉각시키고, 극성 용매를 첨가한 후에, 원심 침강을 수행하여 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 얻는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 제조하는 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 수득한 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 더 세정하고 진공 건조하여 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자 분말을 얻는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 세정 단계를, 수득한 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 헥산, 클로로포름 또는 톨루엔의 용매에 분산시킨 후에, 메탄올을 첨가하고, 원심 침강 과정을 진행함으로써 수행하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 (a)에서, 상기 구리 염과 인듐 염의 몰비율이 1-2:1-2이고, 상기 알칸티올의 몰 함량이 구리 염 또는 인듐 염의 몰 함량보다 과량인 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 단계 (a)에서 가열 및 교반 온도가 100-350℃이고, 시간은 10분 내지 30 시간인 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 구리 염이 아세트산구리(I), 아세트산구리(II), 염화구리(II), 염화구리(I), 황산구리(II), 또는 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 인듐 염이 아세트산인듐, 염화인듐, 황산인듐, 질산인듐, 또는 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 알칸티올이 하나 이상의 설프히드릴 관능기를 갖는 머캡탄, 또는 하나 이상의 설프히드릴 관능기를 갖는 머캡탄류의 혼합물인 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 비극성 유기 용매가 옥타데센, 파라핀 왁스, 디페닐 에테르, 디옥틸 에테르, 옥타데칸 또는 이들의 용매 혼합물이고; 상기 극성 용매가 메탄올, 에탄올, 이소프로판올, 아세톤, 또는 이들의 용매 혼합물인 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 10

정방정계 결정 구조를 갖고, 입자 크기가 2-10 nm이며, 600-800 nm의 근적외선 영역에 발광 스펙트럼이 존재하는, 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 구리 인듐 셀파이드 반도체 나노입자 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 나노기술이 발달함에 따라, 나노재료 과학은 현재 재료 과학 발달에서 필수불가결한 중요한 분야가 되고 있다. 나노재료 연구의 진전은 물리학, 화학, 생물학 및 기타 다수의 학과 분야를 새로운 수준으로 끌어올림과 동시에 21세기 기술 연구에 새로운 기회를 가져올 것이다. 에너지 문제에 대한 위기가 성장하면서, 태양 전지는 재생 가능한 청정 에너지로서 전세계적으로 주목을 받고 있다. 나노재료 및 기술을 태양 전지에 응용하면 기존의 태양 전지의 전환 효율이 크게 증가하고, 태양 전지의 제조 비용이 감소하며 새로운 유형의 태양 전지의 개발이 촉진될 것이다. 이러한 상황에서, 태양 전지에 사용될 나노재료를 개발하는 것이 새로운 과제가 되고 있다.

[0003] CuInS<sub>2</sub>는 I-III-VI<sub>2</sub> 유형의 반도체 화합물 물질로서, 칼코피라이트(chalcopyrite) 구조, 1.50 eV의 밴드 간격, 비교적 큰 흡수 계수를 가질 뿐만 아니라, CuInS<sub>2</sub>가 독성 성분을 전혀 함유하지 않기 때문에, 태양 전지용으로 완벽한 물질이다. CuInS<sub>2</sub> 계 박막 태양 전지는 전환 효율이 14.4%에 달한다. 현재, 이와 같은 태양 전지를 제조하는 주요 방법은 화학 증착, 마그네트론 스퍼터링 기법 및 전기화학 증착 등이다. 그러나, 이러한 방법들은 상대적으로 보다 임계적인 조건을 필요로 하고, 복잡한 제조법을 포함하며, 비교적 비용이 많이 든다.

[0004] 먼저 CuInS<sub>2</sub> 나노입자를 합성한 다음에 스핀 코팅으로 필름을 형성하고, 이어서 소결하는 방법이 CuInS<sub>2</sub> 태양 전지를 공업화하는 우수한 해결책이다. 또한, CuInS<sub>2</sub> 반도체의 여기자(exciton)의 반경은 4.1 nm이며, 이 값은 이론적으로 계산한 것이므로, 예측하건대 CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자의 크기가 여기자 반경에 해당할 때는 매우 강한 양자 구속 효과가 나타날 것이다. 이러한 특성으로 말미암아, CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자는 중합체 태양 전지, 염료 감응 태양 전지, 생물학적 마커(marker) 및 화학 검출 분야에 이용 가능성을 갖는다.

[0005] 그러나, CuInS<sub>2</sub> 삼원 반도체 나노입자의 합성 제조법이 비교적 어렵기 때문에, 현재 소수의 보고만이 있을 뿐이다. 예를 들면 미국의 S.L. Castro 등은 먼저 (PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CuIn(SEt)<sub>4</sub> 전구체를 제조한 후에 상기 전구체를 헥사데실 머캅탄에서 열분해(cracking)함으로써 입자 크기가 2-4 nm인 CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자를 제조하였다(Castro, S. L. et al. J. Phys. Chem. B 2004, 108, 12429). 또한, 미국의 Nairn 등은 자외선을 사용한 유사한 전구체의 광분해(photolysis)에 의해서 입자 크기가 약 2 nm인 CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자를 제조하였다(Nairn, J.J. et al. Nano Lett. 2006, 6, 1218). Du Wenmin 등은 수열 기법을 사용하여 입자 크기가 13-17 nm인 CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자를 제조하였다(Du et al. Chem. Eur. J. 2007, 13, 8840, 8846). 그러나, 기존의 제조 방법들에는 다음과 같은 몇 가지 결점이 있다: (1) 합성 단계가 복잡하고, 그 대부분이 전구체의 사전 합성을 필요로 하므로, 대규모 제조에는 적합하지 못하며; (2) 합성에 사용된 일부의 반응물질이 독성 물질을 포함하고; (3) 합성된 나노입자의 성능이 비교적 열등하고, 입자 크기 및 광학적 성질을 조절할 수 없다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명의 목적은 구리 인듐 셀파이드 반도체 나노입자 및 상기 구리 인듐 셀파이드 반도체 나노입자의 제조 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 본 발명의 구리 인듐 셀파이드 반도체 나노입자 제조 방법은 하기 단계 (a) 및 (b)를 포함한다:

[0008] (a) 구리 염, 인듐 염 및 알칸티올을 비극성 유기 용매내에 첨가한 후에 비활성 기체하에서 가열 및 교반하고 암적색 콜로이드 용액이 얻어질 때까지 용해시키는 단계: 및

[0009] (b) 상기 단계 (a)에서 얻은 콜로이드 용액을 실온으로 냉각시키고, 극성 용매를 첨가한 후에, 원심 침강을 수

행하여 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 얻고, 임의로 더 세정하고 진공 건조하여 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자 분말을 얻는 단계.

[0010] 상기 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자는 정방정계 결정형으로 존재하고 입자 크기는 2-10 nm이며, 600-800 nm의 근적외선 영역에서 발광 스펙트럼을 갖는다.

**도면의 간단한 설명**

[0011] 도 1은 240℃의 온도에서 상이한 반응 시간하에 얻은 본 발명의 실시양태 1에 의한 CuInS<sub>2</sub> 나노입자의 흡수 스펙트럼 및 형광 스펙트럼을 도시한 것이며, 도 1a는 흡수 스펙트럼을, 그리고 도 1b는 형광 스펙트럼을 나타낸다.

도 2는 본 발명의 실시양태 1에서 제조한 CuInS<sub>2</sub> 나노입자의 투과 전자 현미경 사진을 도시한 것이며, 도 2a는 240℃의 온도에서 2시간의 반응 시간으로 제조한 CuInS<sub>2</sub> 나노입자의 투과 전자 현미경 사진을 나타내고, 도 2b는 240℃의 온도에서 4시간의 반응시간으로 제조한 CuInS<sub>2</sub> 나노입자의 투과 전자 현미경 사진을 나타낸다.

도 3은 240℃의 온도에서 2 시간의 반응 시간으로 본 발명의 실시양태 1에서 제조한 CuInS<sub>2</sub> 나노입자 분말의 X 선 회절 곡선을 도시한 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0012] 본 발명에 있어서, 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자의 제조 방법은 저렴한 구리 염, 인듐 염 및 알칸티올을 원료로서 사용하고, 간단한 용액 반응 및 열분해 가열법을 통해서 조절 가능한 입자 크기를 갖는 삼원 반도체 구리 인듐 설파이드(CuInS<sub>2</sub>) 입자를 제조한다. 본 발명의 방법은 제조하기가 간단하고, 비용이 적고 독성이 없으며 대규모 제조가 가능하고 제어가 용이하다는 등의 장점을 갖는다.

[0013] 본 발명의 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자 제조 방법은 하기 단계 (a) 및 (b)를 포함한다:

[0014] (a) 구리 염, 인듐 염 및 알칸티올을 비극성 유기 용매내에 첨가한 후에 비활성 기체하에서 가열 및 교반하고 암적색 콜로이드 용액이 얻어질 때까지 용해시키는 단계: 및

[0015] (b) 상기 단계 (a)에서 얻은 콜로이드 용액을 실온으로 냉각시키고, 극성 용매를 첨가한 후에, 원심 침강을 수행하여 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 얻고, 임의로 더 세정하고 진공 건조하여 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자 분말을 얻는 단계.

[0016] 본 발명에서 제공되는 제조 방법의 제조 수율은 90%에 이른다.

[0017] 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자는 정방정계 결정형으로 존재하고, 입자 크기는 2-10 nm이며, 600-800 nm의 근적외선 범위에 발광 스펙트럼을 갖는다.

[0018] 본 발명에서 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자는 구형, 삼각형, 박편형 및/또는 막대형 등으로 존재하는 것이 바람직하다.

[0019] 본 발명의 방법의 단계 (a)에서 상기 구리 염 및 인듐 염은 1-2:1-2의 몰비율을 갖는 것이 바람직하고, 알칸티올의 몰 함량은 구리 염 또는 인듐 염의 몰 함량보다 과량인 것이 바람직하며, 그 몰비율이 100-1.5:1인 것이 바람직하고, 50-2:1인 것이 더욱 바람직하며, 12-3:1인 것이 특히 바람직하다.

[0020] 상기 단계 (a)에서 가열 및 교반 온도는 100℃ 내지 350℃인 것이 바람직하고, 200℃ 내지 300℃인 것이 더욱 바람직하며, 240℃ 내지 270℃인 것이 특히 바람직하고, 가열 및 교반 시간은 10분 내지 30 시간인 것이 바람직하고, 20분 내지 6 시간인 것이 더욱 바람직하며, 1 시간 내지 2 시간인 것이 특히 바람직하다.

[0021] 상기 세정 단계는 수득한 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 헥산, 클로로포름 또는 톨루엔에 분산시킨 후에, 메탄올을 첨가하고 원심 침강을 진행함으로써 수행하는 것이 바람직하며, 소정의 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자가 얻어질 때까지 세정 과정을 임의로 반복한다.

[0022] 상기 구리 염은 아세트산구리(I), 아세트산구리(II), 염화구리(II), 염화구리(I), 황산구리(II) 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

[0023] 상기 인듐 염은 아세트산인듐, 염화인듐, 황산인듐, 질산인듐 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

- [0024] 상기 알칸티올은 하나 이상의 설프히드릴 관능기를 갖는 머캡탄, 또는 하나 이상의 설프히드릴 관능기를 갖는 머캡탄류의 혼합물일 수 있다.
- [0025] 하나의 설프히드릴 관능기를 갖는 상기 머캡탄은 옥틸 머캡탄, 이소옥틸 머캡탄, 도데실 머캡탄, 헥사데칸티올 또는 옥타데칸티올 등인 것이 바람직하다.
- [0026] 하나보다 많은 설프히드릴 관능기를 갖는 상기 머캡탄은 1,8-디옥틸 머캡탄 또는 1,6-디옥틸 머캡탄 등인 것이 바람직하다.
- [0027] 상기 비극성 유기 용매는 옥타데센, 파라핀 왁스, 디페닐 에테르, 디옥틸 에테르, 옥타데칸, 또는 이들을 포함하는 임의의 용매 혼합물 등인 것이 바람직하다.
- [0028] 상기 극성 유기 용매는 메탄올, 에탄올, 이소프로판올, 아세톤 또는 이들을 포함하는 임의의 용매 혼합물 등인 것이 바람직하다.
- [0029] 상기 비활성 기체는 아르곤 또는 질소 등인 것이 바람직하다.
- [0030] 본 발명에 의한 제조 방법에 따라 얻은 구리 인듐 설펜아이드 반도체 나노입자는 바이오라벨(biolabeling), 발광 다이오드, 박막 태양 전지, 중합체 태양 전지 등의 분야에 이용될 수 있다.
- [0031] 기존의 기술과 비교해 볼 때, 본 발명은 다음과 같은 장점을 갖는다:
- [0032] 1. 본 발명은 독성 물질을 함유하는 전구체의 사전 제조를 필요로 하지 않고, 저렴한 구리 염, 인듐 염 및 알칸티올을 사용해서 반응을 수행하며, 제조 방법이 간단하고, 제어하기가 용이하며, 대규모 제조법으로 실시하기가 용이하다.
- [0033] 2. 본 발명에서는, 상이한 흡수 파장 범위에서 삼원 반도체 구리 인듐 설펜아이드(CuInS<sub>2</sub>) 나노입자를 얻기 위해 반응 시간과 온도의 조절만이 필요하다.
- [0034] 3. 본 발명에 의해 제공되는 삼원 반도체 구리 인듐 설펜아이드(CuInS<sub>2</sub>) 나노입자의 형광 양자 효율은 10%에 가깝고, 그 발광 스펙트럼은 근적외선 영역에 존재한다. 리간드 교환을 통해서, 상기 나노입자를 수성 상내로 용해시킬 수 있다.
- [0035] 4. 본 발명에 의해 제공되는 삼원 반도체 구리 인듐 설펜아이드(CuInS<sub>2</sub>) 나노입자는 장시간동안 비극성 용매에 분산시킬 수 있으며, 진공 건조를 이용해서 얻은 구리 인듐 설펜아이드 반도체 나노입자 분말은 비극성 용매에 재분산시킬 수 있다.
- [0036] 이하에서는 실시양태에 의거하여 본 발명을 구체적으로 설명하고자 하나, 후술하는 실시양태가 본 발명의 보호 범위를 제한하는 것은 결코 아니다.
- [0037] 실시양태 1: CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자의 제조
- [0038] 아세트산구리(I), 아세트산인듐 및 도데실 머캡탄의 혼합물과 50 ml의 옥타데센을 100 ml 3목 비등 플라스크내로 첨가하였으며, 이 때 아세트산구리(I), 아세트산인듐 및 도데실머캡탄의 몰비율은 1:1:10이고, 아르곤 기체 또는 질소 기체를 도입하여 플라스크내의 공기를 배출하도록 30분 동안 플라스크를 통해 유동시켰으며; 240℃에서 가열 및 교반한 후에, 투명한 담황색 용액을 얻고, 이어서 이 용액을 연속적으로 240℃의 일정한 온도에서 가열하자, 콜로이드 용액의 색상이 점차로 담황색에서 암적색으로 변화하였다. 총 가열 반응 시간은 2 시간이었다. 상기 반응으로부터 얻은 콜로이드 용액을 실온으로 냉각시키고, 아세톤 100 ml를 첨가하였다. 원심 침강을 수행하고, 용액의 상층을 제거하여, 구리 인듐 설펜아이드 반도체 나노입자를 수득하였다. 반응 시간(구체적인 조건은 하기 표 1에 열거함)을 변화시킴으로써, 상이한 형태 및 입자 크기의 구리 인듐 설펜아이드 반도체 나노입자를 얻을 수 있다. 흡수 스펙트럼 및 형광 스펙트럼을 테스트한 결과, CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자의 흡수 스펙트럼 및 형광 스펙트럼이 조정 가능한 것으로 밝혀졌다(흡수 스펙트럼 및 형광 스펙트럼을 각각 도 1a 및 도 1b에 도시함). 침강물을 다시 톨루엔에 용해시키고, 톨루엔 부피의 3배인 메탄올을 첨가한 다음, 원심 침강을 수행하였다. 이러한 과정을 3회 반복하고, 최종적으로 침강물을 세정하고 진공 건조하여 구리 인듐 설펜아이드 나노입자의 흑색 분말을 수득하였으며, 그 수율은 90%였다. 수득한 샘플 분말의 테스트를 X선 회절에 의해 수행하였으며, 그 결과 수득한 구리 인듐 설펜아이드 나노입자는 모두 정방정계 결정 구조를 갖는 것으로 나타났다. 도 3은 2 시간의 총 반응 시간후에 얻은 구리 인듐 설펜아이드 나노입자의 X선 회절 곡선을 나타낸 것이다.

표 1

	반응 온도	총 반응 시간	형태	평균 입자 크기
샘플 1	240℃	1 시간	구형	1.9 nm
샘플 2	240℃	2 시간	구형	2.2 nm
샘플 3	240℃	3 시간	구형 및 막대형	2.8 nm
샘플 4	240℃	4 시간	막대형	3.3 nm
샘플 5	240℃	6 시간	구형, 삼각형 및 막대형	3~10 nm

[0039]

[0040]

실시양태 2: CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자의 제조

[0041]

아세트산구리(II), 아세트산인듐 및 헥사데실 머캡탄의 혼합물과 25 ml의 옥타데센을 100 ml 3목 비등 플라스크 내로 첨가하였으며, 이 때 아세트산구리(II), 아세트산인듐 및 헥사데실머캡탄의 몰비율은 1:1:10이고, 아르곤 기체 또는 질소 기체를 도입하여 플라스크내의 공기를 배출하도록 30분 동안 플라스크를 통해 유동시켰으며; 270℃에서 가열 및 교반한 후에, 투명한 담황색 용액을 얻고, 이어서 이 용액을 연속적으로 270℃의 일정한 온도에서 가열하였으며, 총 가열 반응 시간은 20분이었다. 상기 반응으로부터 얻은 콜로이드 용액을 실온으로 냉각시키고, 아세톤 100 ml를 첨가하였다. 원심 침강을 수행하여, 평균 입자 크기가 3.3 nm인 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 수득하였다.

[0042]

실시양태 3: CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자의 제조

[0043]

아세트산구리(II), 아세트산인듐 및 헥사데실 머캡탄의 혼합물과 50 ml의 옥타데센을 250 ml 3목 비등 플라스크 내로 첨가하였으며, 이 때 아세트산구리(II), 아세트산인듐 및 헥사데실머캡탄의 몰비율은 1:1:100이고, 아르곤 기체 또는 질소 기체를 도입하여 플라스크내의 공기를 배출하도록 30분 동안 플라스크를 통해 유동시켰으며; 240℃에서 가열 및 교반한 후에, 투명한 담황색 용액을 얻고, 이어서 이 용액을 연속적으로 240℃의 일정한 온도에서 가열하여 흑색 졸을 얻었으며, 총 가열 반응 시간은 3 시간이었다. 상기 반응으로부터 얻은 콜로이드 용액을 실온으로 냉각시키고, 아세톤 100 ml를 첨가하였다. 원심 침강을 수행하여, 평균 입자 크기가 3.5 nm인 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 수득하였다.

[0044]

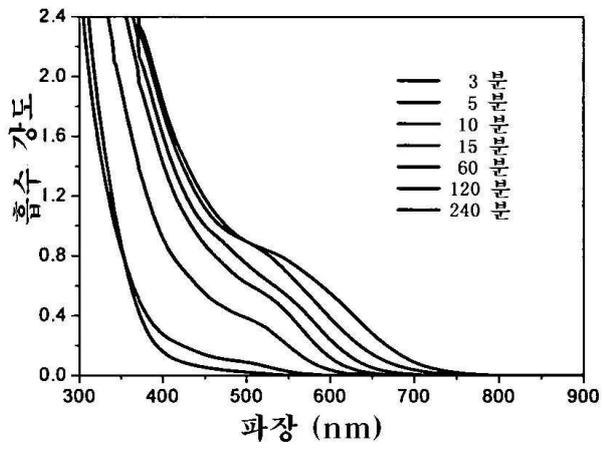
실시양태 4: CuInS<sub>2</sub> 반도체 나노입자의 제조

[0045]

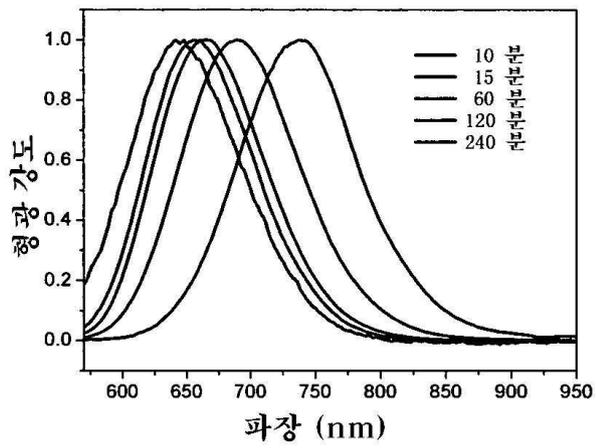
아세트산구리(I), 아세트산인듐 및 도데실 머캡탄의 혼합물과 50 ml의 옥타데센을 50 ml 3목 비등 플라스크내로 첨가하였으며, 이 때 아세트산구리(I), 아세트산인듐 및 도데실머캡탄의 몰비율은 1:1:10이고, 아르곤 기체 또는 질소 기체를 도입하여 플라스크내의 공기를 배출하도록 30분 동안 플라스크를 통해 유동시켰으며; 240℃에서 가열 및 교반한 후에, 투명한 담황색 용액을 얻고, 이어서 이 용액을 연속적으로 240℃의 일정한 온도에서 가열하였으며, 총 가열 반응 시간은 2 시간이었다. 상기 반응으로부터 얻은 콜로이드 용액을 실온으로 냉각시키고, 아세톤 100 ml를 첨가하였다. 원심 침강을 수행하여, 평균 입자 크기가 2.5 nm인 구리 인듐 설파이드 반도체 나노입자를 수득하였다.

도면

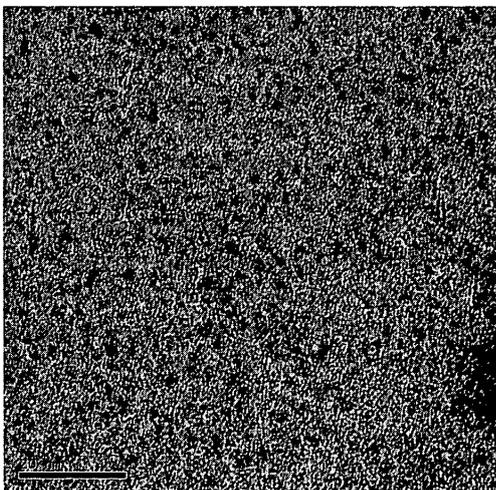
도면1a



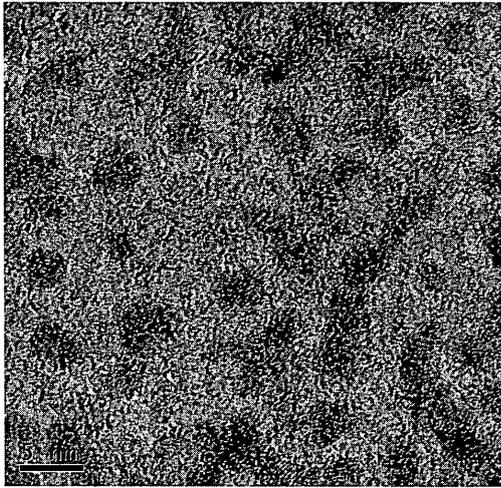
도면1b



도면2a



도면2b



도면3

